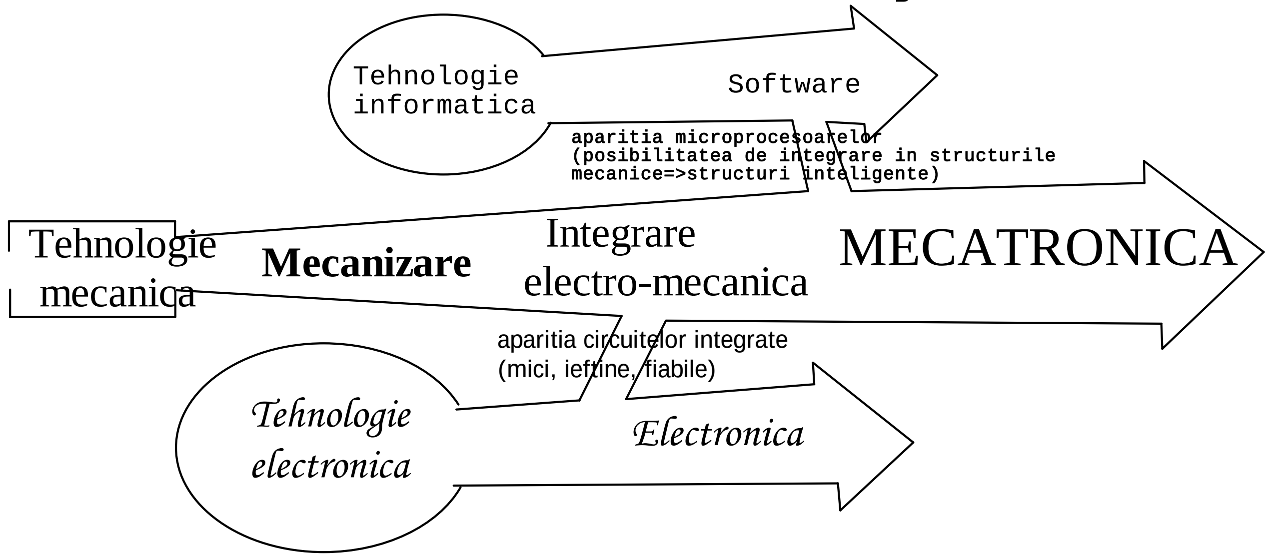
DESPRE APARITIA MECATRONICII

- **1972 –** Termenul de mecatronica brevetat de Yaskawa Electric Co. si defineste fuziunea tehnologica **Mecanica – Electronica – Informatica**

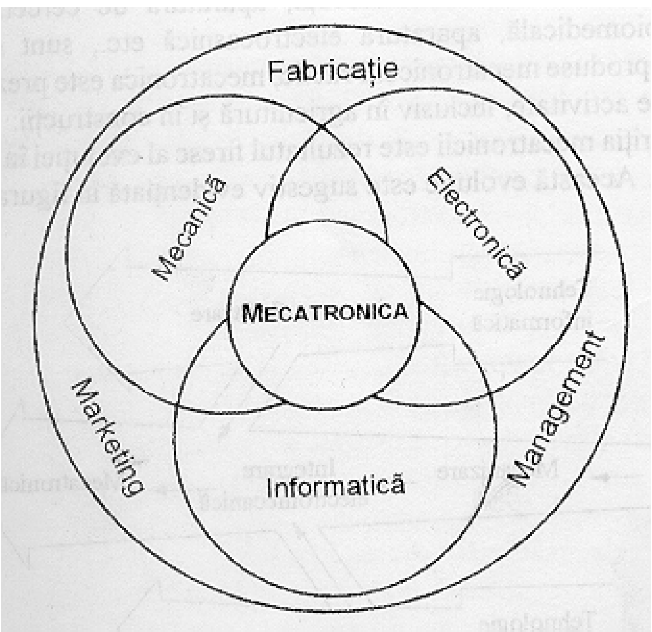
Produse de inalta tehnicitate ≡ Produs mecatronic
Ex: automobilul modern, masini-unelte cu comanda numerica, tehnica de calcul tehnica de telecomunicatii, aparatura de cercetare, robotii, aparatura biomedicala, aparatura electrocasnica, aparatura militara etc.

Evolutia in dezvoltarea tehnologica



POSIBILE DEFINITII ALE MECATRONICII

- ✓ **Mecatronica – stiinta masinilor inteligente**
- ✓ **Mecatronica – tehnologia mecanica ceruta de societatea informationala**
- ✓ **Mecatronica – viziune globala in tehnologie**



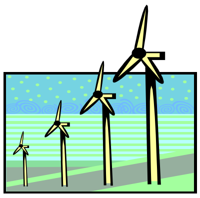
SOCIETATEA INFORMATIONALA SI MECATRONICA

Revolutia materiala



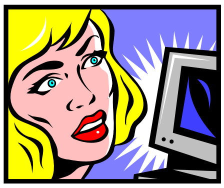
→

Revolutia industriala



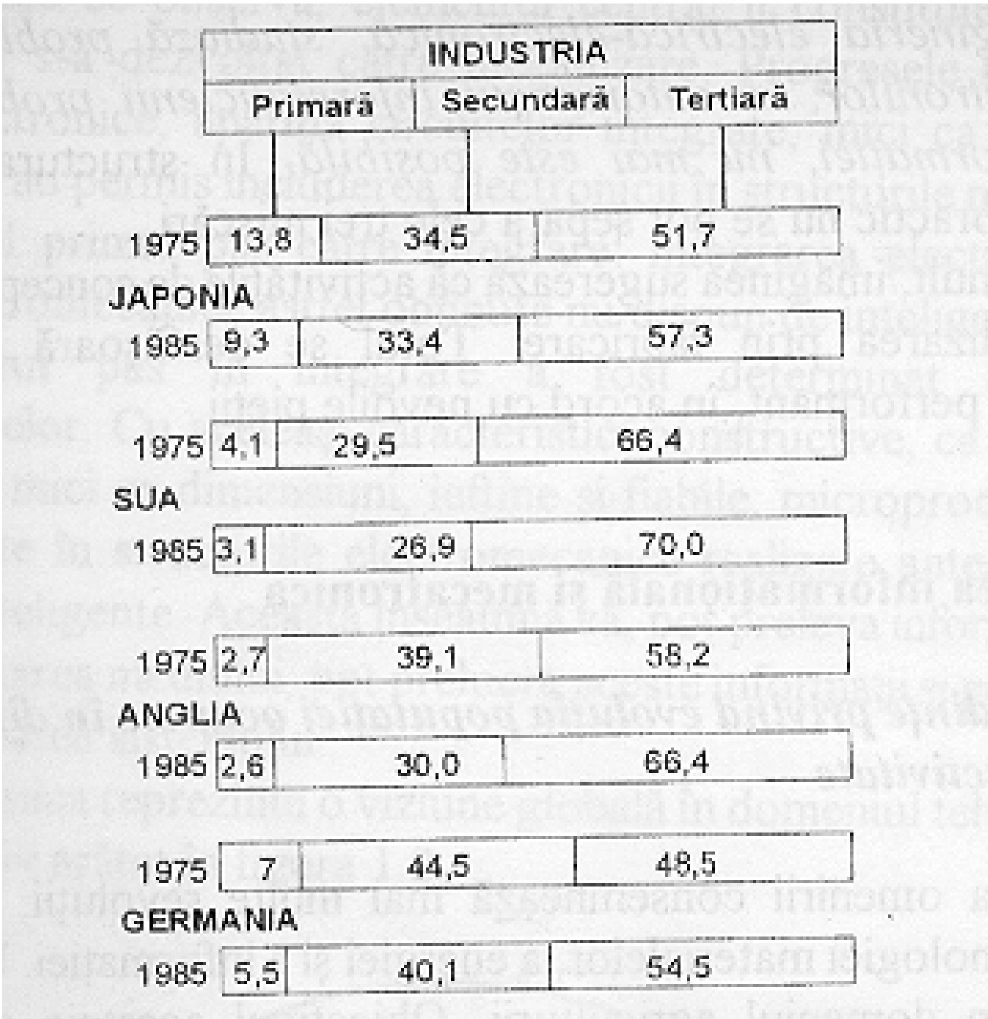
→

Revolutia informatica



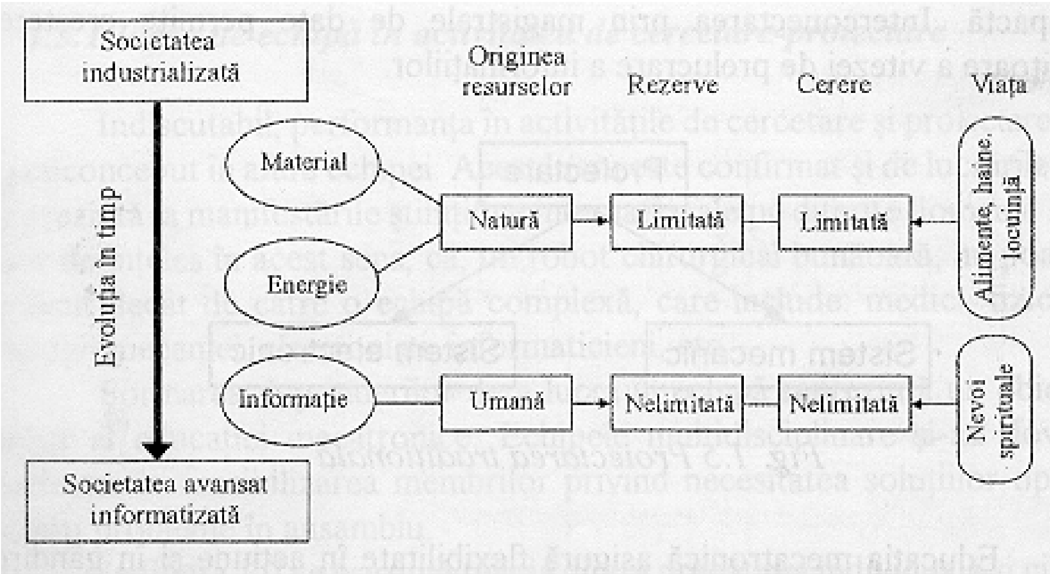


EVOLUTIA POPULATIEI OCUPATE IN DIFERITE SECTOARE DE



Țara	An	INDUSTRIA Primară	Secundară	Terțiară
JAPONIA	1975	13,8	34,5	51,7
	1985	9,3	33,4	57,3
SUA	1975	4,1	29,5	66,4
	1985	3,1	26,9	70,0
ANGLIA	1975	2,7	39,1	58,2
	1985	2,6	30,0	66,4
GERMANIA	1975	7	44,5	48,5
	1985	5,5	40,1	54,5

RELATIA MATERIAL – ENERGIE – INFORMATIE

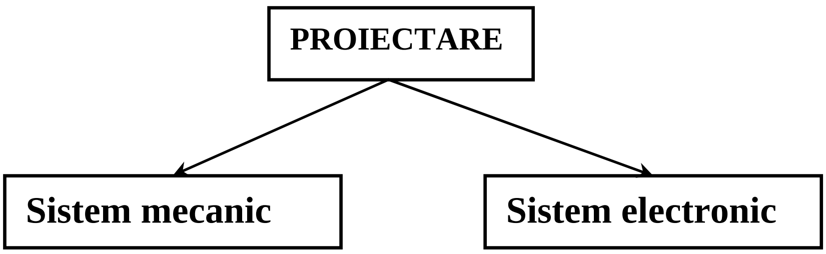


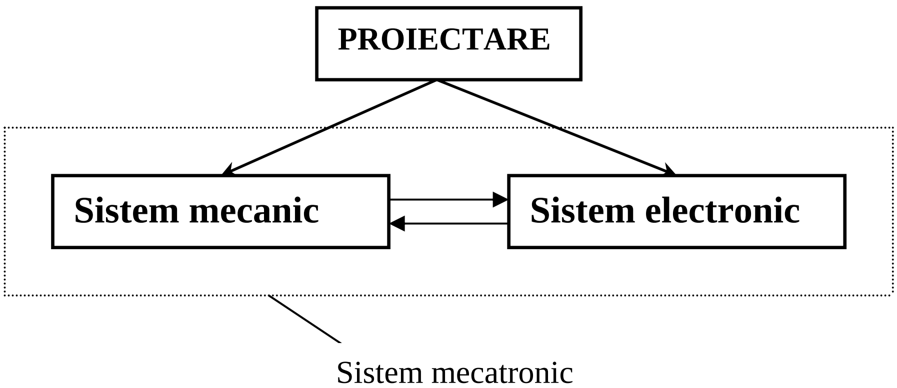
MECATRONICA – NOU CONCEPT IN PRACTICA SI EDUCATIA INGINEREASCA

- **Educatia inginereasca**
  - ✓ Dezvoltarea gandirii sistemice
  - ✓ Formarea deprinderilor de a lucra in echipa
  - ✓ Invatarea afectiva
- Rolul major al informatiei a determinat redefinirea obiectivelor in procesul educational:
  - formarea deprinderilor de informare
  - mentale
  - de actiune
  - sociale (lucrul in echipa, in retea)

- **PRACTICA INGINEREASCA** : Flexibilitate in actiune si gandire

  Saltul de la ingineria traditionala, secventiala, la ingineria simultana sau concurenta (paralela)





EDUCATIA MECATRONICA IN LUME

- **JAPONIA**
  - **1978 –** Primul program de educatie mecatronica in inginerie (Universitatea Tehnologica din Toyohashi)
  - Invatamantul mecatronic introdus in colegii, licee, universitati

- **COMUNITATEA EUROPEANA**

  \- 1986 Comitetul Consultativ pentru Cercetare si Dezvoltare Industriala al Comunitatii Europene recunoaste ca *mecatronica este una din nevoile majore pentru cercetarea europeana si programele educationale* si defineste mecatronica ca “ *o imbinare sinergetica intre ingineria Mecanica de precizie, controlul electronic si gandirea sistemica in proiectarea produselor si proceselor; este o tehnologie interdisciplinara care uneste disciplinele de baza amintite si include deopotriva domenii care, altfel, normal, nu ar putea fi associate*”.

\- 1988 Lansat un curs postuniversitar de mecatronica sustinut de Universitatea Catolica din Leuven (Belgia), T.H. Aachen (Germania) si Institutul de Tehnologie Cranfield (Anglia). Companiile industriale au aratat interes major fata de absolventii acestui curs.

\- 1995 Anglia, Franta, Spania, Belgia si Grecia au elaborat un proiect privind educatia mecatronica (proiectul ADAPT) care urmarea:

- accelerarea adaptarii fortei de munca la schimbarile din industrie
- cresterea competitivitatii ibdustriei, serviciilor si comertului
- reducerea somajului prin imbunatatirea calificarii fortei de munca, cresterea flexibilitatii, mobilitatii si adaptabilitatii la schimbarea locurilor de munca
- anticiparea si accelerarea ritmului de creare de noi locuri de munca prin valorificarea potentialului intreprinderilor mici si mijlocii

<u>*Proiectul a vizat formarea initiala, continua si reconversia profesionala.*</u>

- ANGLIA

  1984 - Infiintat *Consiliul pentru Educatie Tehnologica si Afaceri* care a elaborat un *Program National pentru Educatie Mecatronica* in domeniul ingineriei

  Scop: promovarea interdisciplinaritatii la nivel universitar si in activitatile industriale

  Masuri: *crearea de centre zonale de educatie mecatronica* (partenerii din industrie si-au adus aportul la modernizarea laboratoarelor din facultati si colegii)

  1991 – Consiliul a eliberat primele certificate de atestare a pregatirii in mecatronica

- OLANDA

  1989 – Infiintarea *Centrului de Cercetari pentru Mecatronica*

  1991 – Curs postuniversitar de mecatronica de 2 ani, organizat de Universitatea Twente, Universitatea Tehnologica din Eindhoven si, mai tarziu, Universitatea Tehnologica din Delft

  1990 – Ministerul Afacerilor Economice a decis finantarea programului national “*Platforma pentru mecatronica*”

  Scop: unirea eforturilor industriei, institutelor de cercetare si a celor de invatamant pentru a realiza produse mecatronice performante

  Plan de invatamant:

  - cursuri selective in domeniile mecatronicii, ingineriei mecanice si electrice, fizica aplicata, stiinta computerelor, matematici aplicate si cursuri ne-tehnice;

- cursuri la alegere cum ar fi: studiul literaturii din domeniul mecatronicii, cursuri in afara universitatii care ar putea fi utile pentru activitatea din domeniul mecatronicii

Rezultatele acestei abordari se regasesc in rezultatele economice ale firmelor olandeze.

❖ FINLANDA

1985 – Program de educatie mecatronica

❖ SUEDIA

La nivel universitar, in domeniul tehnologic, *accentual pe educatia mecatronica creste gradat, incepand cu anul trei de studiu.*

❖ GERMANIA, FRANTA, ITALIA – infiintarea de institute de mecatronica si organizarea de manifestari stiintifice in domeniul mecatronicii

❖ SUA

Departamentul de Comert al SUA a elaborat un raport comparativ privind mecatronica in Japonia si SUA:

Tipuri de activități	Cercetare fundamentală	Dezvoltare avansată	Implementare în producție
Sisteme flexibile de fabricație	0 →	0 ↗	+ ↗
Vedere artificială	- →	+ →	+ ↗
Sisteme clasice	0 →	0 →	0 ↗
Sisteme de montaj	0 →	> ↗	> ↗
Mecanisme inteligente	0 →	+ →↗	0 →
Software	< ↘	- →	- ↗
Standarde	0 →	0 →	
Manipulatoare	0 →	+ →	+ ↗
Mecanisme de precizie	0 →	+ →	+ ↗

Semnificația codurilor utilizate pentru comparația: Japonia - SUA

Situația prezentă	*Rata de schimbare*
< Mult în urmă	↑ Creștere accentuată
- În urmă	↗ Creștere
0 Egalitate	→ Staționare
+ În față	↘ Scădere
> Mult în față	↓ Scădere accentuată

INITIATIVE AMERICANE

Strategia universitatilor americane a vizat trei mari domenii:

a) asamblarea si packaging-ul electronic
b) controlul adaptiv
c) sisteme de fabricatie inteligente

a) Pe aceasta directie sunt orientate universitatile care au *laboratoare de tehnologia fabricarii dispozitivelor electronice* si vizeaza o buna pregatire teoretica si practica in domeniul fabricarii dispozitivelor electronice avansate.
b) Cateva universitati si-au unit eforturile, pe baza unui proiect al Fundatiei Nationale pentru Stiinta, cu scopul de a imbunatati educatia inginereasca.

Astfel:

- au fost standardizate echipamente de laborator pentru a dezvolta si distribui mai usor programele analitice;
- elementul essential al laboratorului este un PC cu interfata directa, care controleaza masini CNC si roboti, si interfata I/O, utilizata de studenti pentru adaugarea de dispozitive mecatronice.

c) cateva departamente de inginerie industriala si-au dezvoltat laboratoare de sisteme de fabricatie inteligente (SFI), prin integrarea ingineriei industriale traditionale cu ingineria Mecanica, electronica si stiinta calculatoarelor.
Ex: Universitatea Wisconsin, departamentul de Ingineria Sistemelor de Fabricatie si Inginerie Industriala, utilizeaza in acest scop o celula flexibila de fabricatie formata din 4 roboti, o freza, un strung, system de depozitare automat si un conveior.
Universitatea din Lousiana face cercetari in domeniul tehnologiilor CIM (CAD/CAM/CIM)

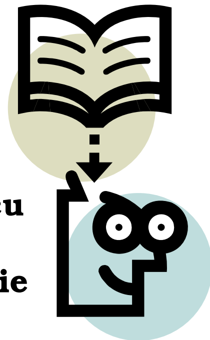
EUROPA DE EST
POLONIA, CEHIA, BULGARIA, UNGARIA
– exista *Programe de Educatie Mecatronica* sub egida Academiilor
- infiintate Facultati de Mecatronica
Budapesta – patru licee de mecatronica si in alte 20 de scoli se preda mecatronica

ROMANIA
1991 – Introducerea specialitatii de mecatronica la Universitatile din Suceava, Iasi si Brasov
Mai tarziu, s-a introdus si la Universitatile din Cluj, Bucuresti si Timisoara

1999 – infiintarea Consiliului National pentru Educatie Tehnologica si Inovare (CNTI) care si-a propus elaborarea unui Program National de Educatie Mecatronica, obiectiv nerealizat nici pana in prezent

Reforma invatamantului trebuie sa tina seama de cerintele privind eficientizarea educatiei tehnologice si, in cadrul acesteia, a educatiei mecatronice, componenta esentiala a acesteia.

DESPRE INFORMATIE - COMPONENTA A SISTEMELOR MECATRONICE



- **In sistemele mecatronice, informatia este prezenta alaturi de materie si energie**
- **Este indisolubil legata de substanta si energia care o transporta dar reprezinta un alt aspect al materiei, ca si energia, avand alte legi de transformare si de conservare. Nu poate fi despartita de acestea dar nu poate fi confundata cu ele.**
- **Din punct de vedere al mecatronicii, referitor la informatie se pun urmatoarele probleme:**
  - **culegerea**
  - **prelucrarea**
  - **stocarea (transmiterea)**
  - **utilizarea in scopul controlului proceselor si sistemelor**

Transmiterea(stocarea) informatiei:

- **concretizare intr-o forma fizica (current, tensiune, unda electromagnetica) capabila a se propaga printr-un canal de comunicatie sau a fi stocata;**
- **marimea fizica purtatoare** ⇒ **SEMNAL** (cantitati f.mici de substanta si energie)
- **informatia poate trece foarte usor de pe o substanta pe alta (**subst. diferite pot aduce aceeasi informatie, substante asemanatoare pot aduce informatii diferite**)**

Ex: 1. informatia generate de modificarile de mediu sau de erorile produse se deosebeste de aspectul lor energetic;

2.Organismul uman: *mecanismele de control al glicemiei, cortizonului, tensiunii arteriale etc.*

Concluzie: ***informatia pe care o aduce un eveniment este egala cu noutatea care o contine sau cu incertitudinea pe care o inlatura***

1928 – A.V. Hartley introduce notiunea de unitate de informatie

Unit. elementara de informatie este bitul(binary digit=cifra binara): **1 bit= - $\log_2$ (1/2)**

Bitul = reprezinta noutatea pe care o aduce un experiment cu numai doua feluri de rezultate sau organizari posibile.

- In informatica: 1 octet (byte) (B) = 8 biti
  1 Koctet (KB) = 2^{10} octeti
  1 Moctet (MB) = 2^{10} Kocteti

Cuvantul = grupul de biti pe care calculatorul ii poate manipula simultan

LEGATURI INFORMATIONALE – PURTATORI DE INFORMATIE

SISTEMELE
- se constituie pe suport material si energetic
- ***structurarea si organizarea se datoreaza informatiei.***

Ex: sarcina electrica, spinul, etc. *reprezinta niste proprietati* care servesc la identificarea si deosebirea particulelor elementare intre ele.

Dualismul flux energetic – flux informational este o trasatura definitorie pentru sistemele mecatronice



Legaturile informationale determina flexibilitatea si capacitatea de reconfigurare in functionare a sistemelor mecatronice

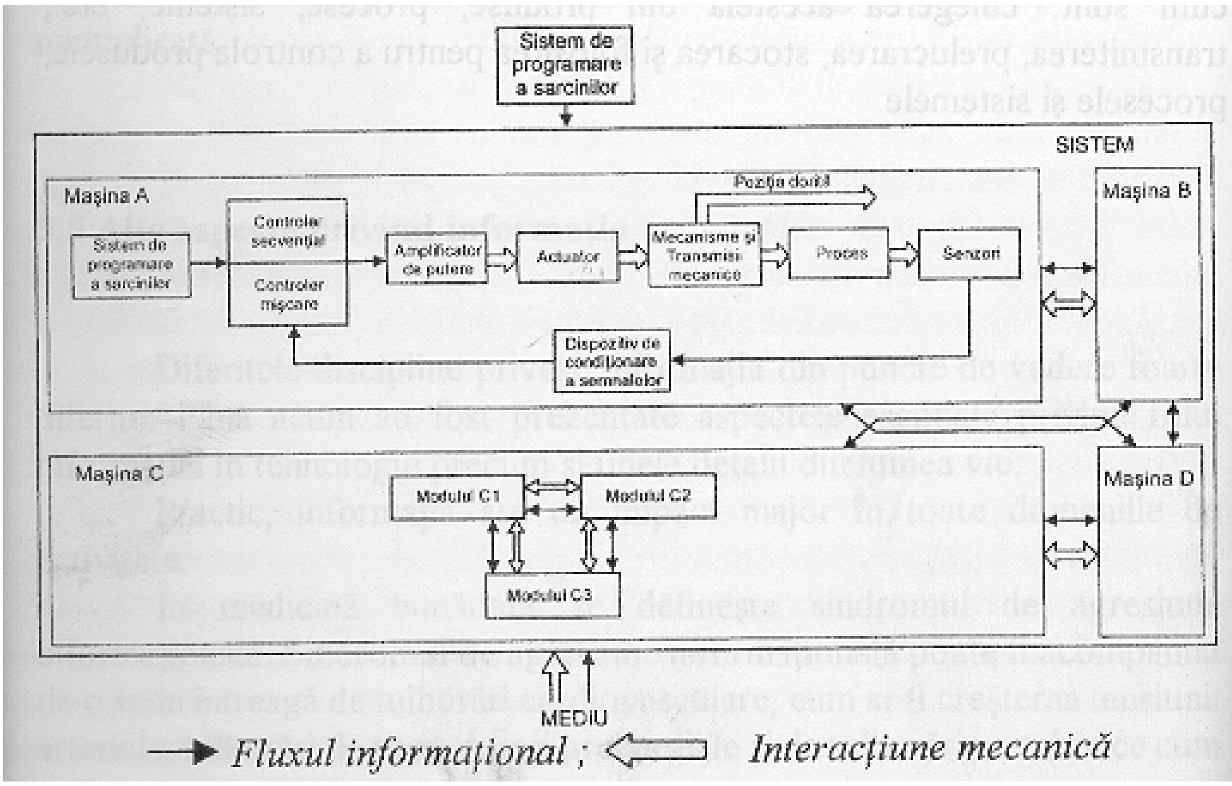
Ca si in cazul transmiterii energiei, care este insotita de pierderi, si informatia, prin trecerea de la un nivel de organizare la altul sufera transformari

Ex: prin transmiterea informatiei genetice de la ADN la ARN$_m$ *, molecula de ADN nu pierde informatia pe care a transmis-o. Asadar, prin transmiterea informatiei de pe un substrat pe altul, informatia nu numai ca nu scade dar poate chiar sa creasca determinand cresterea ordinii si organizarii sistemului.*

Datorita transmitibilitatii crescute, intr-un sistem se pot realiza mai multe legaturi informationale decat legaturi substantiale si energetice

Putand trece de pe un substrat pe altul,informatiapoate lega sisteme cu structuri diferite iar faptul ca aceasta necesita cantitati foarte mici de substanta si energie, determina cresterea randamentului sistemului

STRUCTURA HARWARE A UNUI SISTEM MECATRONIC



- Sistemul de programare a sarcinilor – ***Constituit din Microprocesor sau Microcontroler*** (genereaza miscarile dorite si secventele acestora, in concordanta cu cerintele sau comenzile transmise).
- Controlerul de secvente si miscare – compara parametrii curenti ai miscarii cu cei impusi si realizeaza corecturile necesare.
- Amplificatorul de putere – amplifica semnalul in concordanta cu cerintele actuatorului.
- Actuatorul – transforma semnalul corectat in semnal de intrare (moment, forta, viteza) in acord cu cerintele procesului.
- Mecanismele si transmisiile mecanice – realizeaza adaptarea parametrilor actuatorului la cerintele impuse de procesul tehnologic.
- Senzorii – prelucreaza informatii privind parametrii procesului si transmit semnale corespunzatoare controlerului miscarii.
- Dispozitivul de conditionare a semnalelor – Filtre, amplificatoare etc. care prelucreaza semnalele in concordanta cu cerintele impuse de intrarea in controlerul miscarii.

OBS: functie de natura sistemului, modulele pot fi combinate mai multe intr-un singur element iar structura acestora este influentata in permanenta de progresele tehnice.

DESCRIEREA ELEMENTELOR SPECIFICE STRUCTURII HARDWARE A SISTEMELOR MECATRONICE

MICROPROCESOARE SI MICROCONTROLERE

Microprocesorul (fig.2) – o unitate centrala intr-un singur chip; memoria si sistemul de intrari/iesiri sunt, de regula, externe microprocesorului. Toate acestea formeaza un *microcomputer*.

Din schema ⟹ doar CPU, o parte a sistemului de intreruperi si a sistemului de timere se regasesc in arhitectura unui microprocesor.

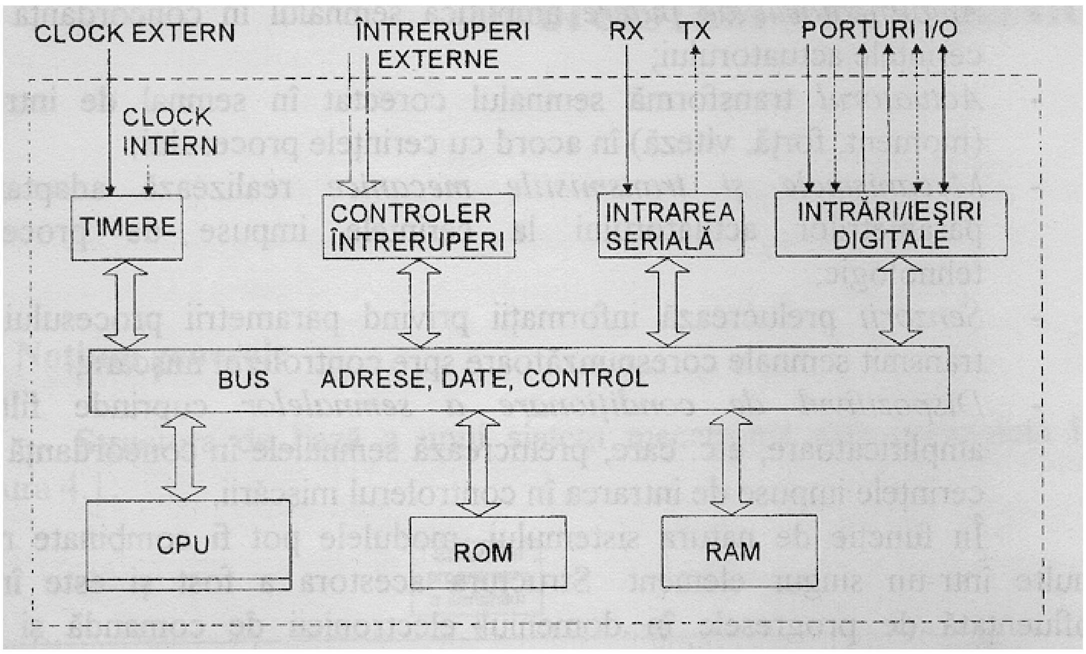


Fig.2 Structura unui microcomputer (Maties-TEM,p54,f4.2)

Incoveniente: implementarea externa a o buna parte a sistemului I/O =>creste numarul componentelor. In aplicatii se cere volum redus, constructie compacta si consum redus de energie.

MICROCONTROLER (fig.3)
contine module I/O specifice aplicatiilor in timp real

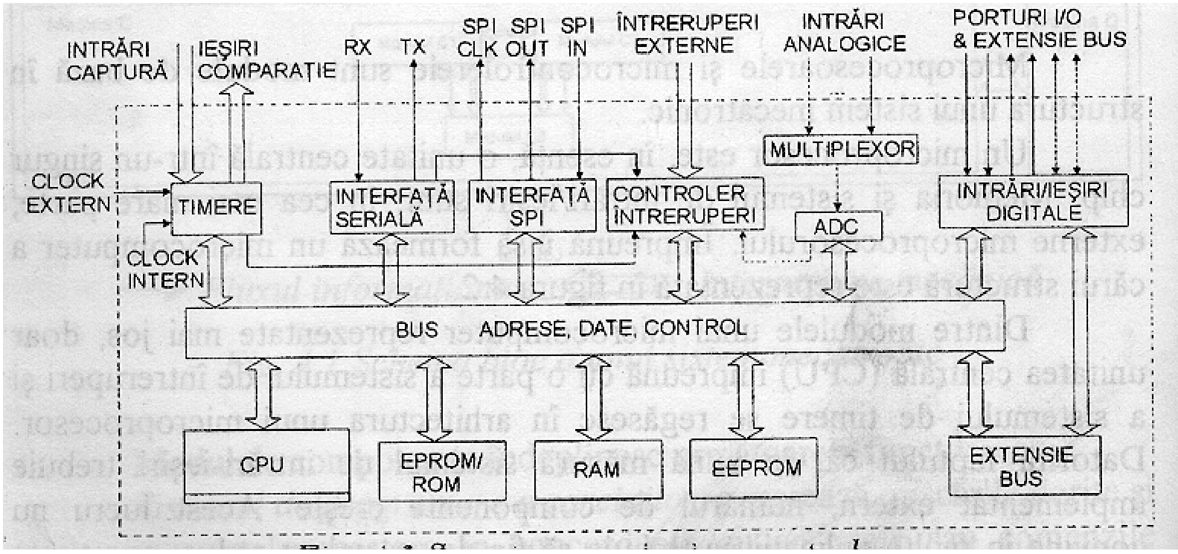


Fig.3 Structura unui microcontroler (Maties-TEM,p.54,f.4.3)

Deosebiri intre microprocesor so microcontroler: in arhitectura si in aria aplicatiilor

Microprocesorul – folosit in special in aplicatiile de procesare de date ce necesita o mare putere de calcul: PC-uri, statii grafice etc.

- difera de microcontroler d.p.d.v. *al dimensiunii si utilizarii memoriei*, fiind capabil sa incarce in memorie o varietate de programe stocate pe HDD, FDD, CDROM etc. in timp ce microcontrolerul este condus de un program fix (ex: pt controlul unei masini de spalat sunt necesari 2 kB).

Microcontrolerul (MICCT)

➢ **Caracteristici ale microcontrolerului**:

- dimensiune redusa a memoriei program si a memoriei date;
- contin module pt interfatare digitala si analogica cu senzori si actuatori;
- raspund rapid la evenimente externe;
- sunt de o mare varietate pt a putea fi satisfacute cerintele diferitor aplicatii la un raport pret/performante corespunzator necesitatilor.

➢ **Motivatia utilizarii microcontrolerului in controlul proceselor**:

- *program memorat*: microcontrolerul are o configuratie minimala a unui sistem de calcul, este capabil sa execute cu o viteza f. mare instructiunile unui program stocat in memorie;
- *calcul digital (numeric):* informatia este reprezentata binar, nefiind supusa influentei zgomotului de natura analogica; se poate folosi si o rezolutie variabila, functie de cerintele aplicatiei;
- *viteza de operare*: poate executa o multime de sarcini in timp f. scurt;

- *flexibilitate in proiectare*: prin schimbarea programului memorat se pot obtine noi functii utilizand acelasi hardware (sau modificari minore); se pot proiecta aparate ce inglobeaza functiuni multiple; o mare parte din software oate fi utilizata in diverse aplicatii;
- *autotestul*: sistemele ce au microcontrolere isi pot testa functionarea corecta;
- *comunicatiile*: multe microcontrolere pot comunica cu alte sisteme de calcul, aspect important intr-un sistem mecatronic.
- *consum de energie redus*: poate fi utilizat si in aplicatiile ce folosesc ca sursa de energie o baterie;
- *integrarea* pe aceeasi pastila de siliciu a functiunilor necesare conduce la reducerea dimensiunilor fizice ale microcontrolerului (aspect de importanta majora in unele aplicatii);
- *costul in continua scadere* (datorita integrarii pe scara larga si a cresterii exponentiale a numarului de aplicatii)

Modulele de baza ale MICCT

1. Unitatea centrala (CPU-central processing unit)
2. Memoria (ROM, RAM, EEPROM);
3. Sistemul de intrari/iesiri (I/O)

Alte functii specifice MICCT

4. Masurarea timpului
5. Canale PWM (Pulse Width Modulated Outpouts)
6. Conversia digital - analoga
7. Conversia analog – digitala
8. Comunicatii paralele si seriale

Comunicatiile intre modulele MICCT ⇒ **Bus-ul** (magistrale de adrese, date si control)
Fizic: *o colectie de conexiuni paralele intre doua sau mai multe dispozitive*.

Magistrale
a) interne (fizic nu sunt legate la pinii MICCT)
b) pot comunica cu exteriorul (se pot accesa memorii si module I/O

a) Avantaj: Nr. redus de conexiuni spre exterior (pini) → cost redus, dimensiuni reduse, consum redus de curent, o utilizare mai eficienta in aplicatia respectiva
b) Se utilizeaza in cazul aplicatiilor complexe, care necesita o capacitate mai mare de memorie.
Modul de comunicare: CPU va plasa adresa octetului pe magistrala de adrese iar prin intermediul semnalelor magistralei de comenzi se va efectua operatia dotirita (scriere, citire). Datele sunt transmise/ receptionate pe magistrala de date. Similar se face comunicarea si cu modulele I/O.
Obs

– Atunci cand nu sunt selectate, modulele (externe sau interne) trebuie sa treaca in starea de inalta impedanta , pentru a evita conflictele (ex: plasarea de date diferite in acelasi timp pe magistrala de catre 2 module)

1. CPU

Modul de executie a unui program de catre CPU (pt intelegerea functionarii):
- instructiunile executate secvential in ordinea in care sunt citite; unele instruc. conduc la salturi;
- se pot utiliza subrutine, care au acelasi efect ca si instr. de salt; dupa executia acesteia se reia programul cu instructiunea urmatoare celeia dupa care s-a chemat subrutina; o subrutina poate apela la alta subrutina (imbricare);
- exista instructiuni ce sunt executate conditionat, functie de rezultatul unor instructiuni precedente;

- programul contine functii aritmetice si logice de baza pentru prelucrarea si manipularea datelor.

Functiuni de baza comune MICCT :

a) *Extragerea (citirea) din memorie a instructiunilor (fetch – extragere) si executia acesteia (instructiunea este interpretata si sunt initiate actiunile asociate acesteia)*

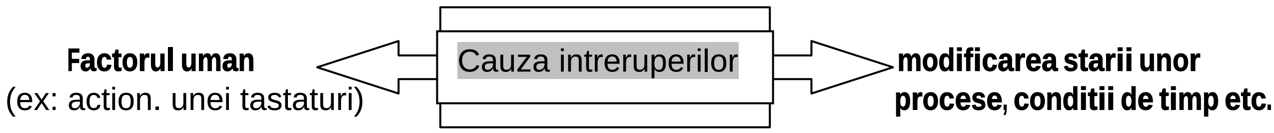
- **Registrul** (dispozitiv capabil sa memoreze o informatie – 8 sau 16 biti) - element de baza in constructia CPU
- Reprezentarea numerelor – sistem binar sau hexazecimal
- Fluxul de date intre componentele MICCT si intre acesta si exterior este controlat de **blocul de decodificare a instructiunii** si **blocul de generare a semnalelor de control** (constituie inima CPU si determina esential viteza de lucru a acestuia)

b) *Executarea de operatii aritmetice si logice* - Unitatea aritmetica si logica (ALU-arithmetic and logic unit) ; efectuarea operatiilor se face cu ajutorul unui registru special, **acumulator** (A).

- ALU executa operatii doar pe 8 biti
- la unele MICCT exista modul hard de inmultire care functioneaza independent de CPU si este tratat ca I/O.

c) *Efectuarea operatiilor la care rezultatul nu se poate reprezenta pe un octet* – **Registru al indicatorilor de conditii** (flag register) utilizat in efectuarea conditionata a instructiunilor.

d) *Gestionarea intreruperilor* – **Sistemul de intreruperi** (interactiunea cu exteriorul determina uneori intreruperea executiei instructiunilor)



- La aparitia intreruperii, dupa ce MICCT va termina instructiunea in curs de executie, se va executa o rutina ce se gaseste la o adresa predefinita asociata intreruperii respective (putand exista mai multe surse de intrerupere, fiecare sursa va avea propria ei adresa predefinita asociata)
- Existenta a mai multor surse de intrerupere active la un moment dat, arbitrarea acestora se face prin stabilirea unor nivele de prioritati (o intrerupere de pe un nivel de prioritate superior poate intrerupe o intrerupere de pe un nivel de prioritate inferior).

2. MEMORIA

- O celula de memorie de 1 bit = un circuit capabil sa mentina o stare logica (0 sau 1 logic)
- Pt. inscriere sau citire se folosesc semnale de comanda corespunzatoare
- Gruparea a 8 celule de memorie de 1 bit => memorie de 1 octet

Memoria
- **a) Memoria ROM (Read only Memory)**
- **b) Memoria RAM (Random Acces Memory)**
- **c) Memoria EEPROM (Electrically Erasable PROM)**

a) – Poate fi doar citita de CPU; nevolatila (datele nu se pierd in cazul disparitiei tensiunii de alimentare);

- foloseste pt pastrarea programului si a datelor de tip constanta (ex: tabele de date ce contin caracteristicile unor traductoare);

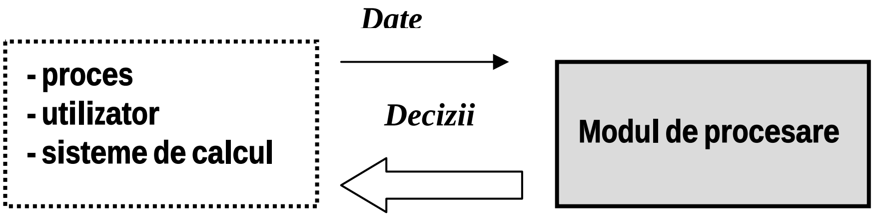
- inscrierea programului in memorie se face cu un echipament denumit (E)PROM

PROM – se programeaza o singura data

EPROM – se poate programa de mai multe ori (de peste 100 ori)

- Pt stergere se utiliz. dispoz. „Stergator de EPROM” (expunerea memoriei la razele ultraviolete generate de stergator timp de cateva minute (10….20 min) – existenta unui gemulet
- Majorit. MICCT poseda ROM interna de tip PROM sau EPROM; cea PROM specifica MICCT programabile o singura data – OTP;
b) - Poate fi citita si scrisa; este volatila (dispare odata cu disparitia tensiunii);
- Se utilizeaza pt pastrarea datelor; memoria este mica (64……512 octeti);
- Poate fi interna (poate fi impartita in mai multe zone cu functiuni diferite) si externa;
c) – Sunt nevolatile; pot fi sterse electric fiind utile in sistemele cu MICCT pt pastrarea unor date ce se modifica relativ rar (date de calibrare, constante de traductor etc.) sau pastrarea datelor masurate ;
- Timp de citire/scriere mai mare decat in cazul RAM;
- De regula este externa (ca masura de protectie) insa unele MICCT pot avea si EEPROM interna; in caz de defectare, datele pot fi citite de un alt MICCT.

3. SISTEMUL I/O



Cerinte de baza pt MICCT in diverse aplicatii:

a) ***Citirea datelor din proces***



Operatii specifice:

▪ *Citirea unor date de tip numeric*:
- starea unor contacte
- semnal numeric transmis de modulul de masurare ca urmare a unei prelucrari locale a datelor; citirea unor astfel de semnale se face pe un pin al MICCT (denumit port de intrare in acest caz); Gruparea mai multor linii de porturi formeaza un **port paralel** (de regula 8 linii, uneori 4);
- continutul portului se regaseste intr-un registru special (SFR) asociat portului respectiv, aflat in memoria interna a MICCT.

▪ *Citirea unor date de tip analogic*
- Datele analogice pot fi standardizate (2…10 mA, 4…20 mA etc.) sau nu.
- Citirea semnalului se face pe un pin al MICCT denumit **port analogic**;
- Modulul de conversie analog-numerica ADC (Analog Digital Converter) – semnalul este convertit digital;
- Pot fi mai multe porturi de intrare analogica dar exista, de regula, un singur ADC.

b) Transmiterea unor date spre proces



Operatii specifice:

▪ *Transmiterea unor date de tip numeric*

- Se realizeaza cu ajutorul unui port programat ca *port de iesire* (porturile pot fi programate ca port de iesire, de intrare sau bidirectional); gruparea liniilor de port in porturi paralele permite transmiterea simultana de date.

▪ *Transmiterea de date de tip analogic*

- In mod obisnuit, MICCT nu au convertor digital-analog; implementarea se poate face in 2 moduri:
    - utilizarea unui modul electronic comandat de un numar ‚n' de linii de port de iesire; in acest caz, se poate obtine un convertor digital-analog avand o rezolutie de ‚n' biti;
    - utilizarea de impulsuri avand frecventa si latimea programabile (PWM – pulse width modulation) care pot fi integrate cu ajutorul unui modul integrator; impulsurile pot fi generate prin program, pe un port de iesire; munele MICCT contin intern blocuri de generare a semnalelor de tip PWM.

c) Citirea datelor de la utilizator

- Utilizatorul intervine asupra functionarii sistemului mecatronic prin transmiterea de la taste, butoane tip potentiometru etc. a unor date (parametri, date de calibrare, date privind regimul de functinare etc.) catre MICCT.
- Preluarea datelor se face prin porturile de intrare de tip numeric sau analogic.

d) Transmiterea datelor spre utilizator

- Date trimise prin porturi paralele de iesire: date culese din proces (marimi masurate, starea unor contacte s.a.), date ce exprima marimi calculate, alarme etc.
- Afisare: leduri, afisaje tip 7 segmente, afisaje alfanumerice cu cristale lichide, sonore.

e) Comunicatia cu alte sisteme de calcul

- Utilizarea pe scara larga a tehnicii de calcul, inclusiv a MICCT, face posibila conducerea fiecarui modul al unui sistem mecatronic de catre un MICCT, punandu-se astfel problema comunicatiilor in interiorul sistemului mecatronic sau intre acesta si exterior;
- Realizare: interfete seriale RS232 sau RS485, interfete paralele, interfete seriale I^2C, interfete pt comunicatie in infrarosu, interfete pt card, transmisie radio prin utilizarea unui modul RF.
- Porturile paralele de I/O pot fi folosite pt realizarea unei interfete paralele, putandu-se transmite/receptiona rapid datele;
- Comunicatia seriala este mai putin rapida decat cea paralela deoarece datele trebuie serializate (la transmitere) sau deserializate (la receptie)
- Daca MICCT nu are inglobat hard pt interfata seriala, se poate implementa ca soft (se face o gestionare mai dificila a resurselor MICCT).

4. Masurarea timpului



Necesitate:

- masurarea vitezelor si acceleratiilor corpurilor aflate in miscare
- procese cu tranformari fizico-chimice a caror faze depind de timp
- existenta unor metode de masurare a semnalelor analogice care necesita utilizarea timpului

- *MICCT pot masura timpul relativ prin utilizarea unor module interne numite „timere”*
- Constructiv, se bazeaza pe utilizarea unor numaratoare de impulsuri (8 sau 16 biti).
- Sursa impulsurilor de numarare:

a) ***interna*** – impulsurile sunt generate pe baza circuitului de ceas al MICCT (existenta unui cuart, precizia de masurare depinzand de precizia si stabilitatea termica a cuartului) ⟶ **`modul timer`**

b) ***externa*** – **`functionare in mod numarator (counter)`** – util in numararea unor evenimente externe (numaratorul este incrementat functie de un semnal de la un port al MICCT)

➢ Masurarea absoluta a timpului (timp real) - in unele aplicatii:

- functionarea dependenta de ora locala
- efectuarea unor operatii la ore determinate ale zilei
- functionarea dependenta de anotimp (sisteme de incalzire aplicatii pe teren etc.)
- memorarea momentului producerii unui eveniment intr-un sistem mecatronic

Obs.: In mod obisnuit, MICCT nu au implementat un ceas real (clock-calendar), insa exista circuite de ceas real care opt fi legate la MICCT printr-o interfata seriala sau se poate implementa soft-ul unui ceas real (MICCT trebuie alimentat electric permanent).

Utilizari ale timerului

a) *Generarea unei intreruperi la intervale regulate de timp*

- Utilizarea unui timer pt. generarea unei intreruperi regulate la un interval de timp relativ redus este, de regula, suficienta; astfel se poate utiliza un MICCT ieftin cu un singur timer.

Fie: N1- valoarea initiala cu care se incarca timerul (se poate programa)
N2 – valoarea maxima a timerului (256 pt timerul de 8 biti)
T1 – intervalul de timp intre doua impulsuri aplicate timerului de catre circuitul de ceas al MICCT
T- intervalul de timp intre doua cereri de intrerupere

$$\mathbf{T = (N2 - N1) \cdot T1} \quad \Longrightarrow \quad N1 = N2 - T/T1$$

b) *Masurarea precisa a momentului producerii unor evenimente externe; captura logica*

- Deoarece utilizarea unei linii de port care sa genereze o intrerupere in momentul producerii evenimentului extern nu este o solutie acceptabila (datorita timpului scurs intre momentul producerii evenimentului si momentul in care se iau deciziile asociate) timerele contin hardul necesar **capturii logice.**

- Timerul este asociat cu un numar de registri de captura care copie continutul timerului in registru atunci cand, producandu-se evenimentul extern, se produce o tranzitie pe un pin de intrare asociat registrului.

- pinii de intrare asociati sunt linii de port I/O obisnuite avand ca functiune alternativa captura logica.; copierea se face automat daca timerul este programat in acest scop.

c) *Generarea precisa a unor semnale spre proces; comparatia logica*

- generarea acestora prin program poate fi imprecisa (existenta intreruperilor in sistem, dificultatea de a genera unele semnale prin program)

d) *Controlul functionarii corecte a MICCT (watchdog =ceas de garda)*

- Se utilizeaza pt cazul cand MICCt intra in stari anormale datorita zgomotelor de natura electrica („sarit din program”) ⟹ Timerul T3 la MICCT 80C552

- Situatie similara este caderea tensiunii de alimentare

5. Canale PWM (Pulse Width Modulated Outputs)

➢ Canalele de tip PWM pot genera impulsuri a caror latime si perioada de repetitie este programabila

➢ Iesirile tampon (buffer) PWM_i pot fi utilizate pentru:

- controlul vitezei de rotatie a unui motor (viteza de rotatie va fi proportionala cu continutul registrului PWM_i;
- realizarea conversiei numeric-analogice;
- generarea de sunete.

6. Conversia analog-digitala (DAC-Digital Analog Converter)

▪ Generarea de semnale analogice destinate pt:

- modulul de actuatori;
- transmiterea standardizata (4-20mA etc.) in sistemele de automatizare;
- afisarea analogica a unor marimi.

▪ Microcontrolerele uzuale nu contin convertor digital-analog intern

▪ Se poate implementa pe utilizarea resurselor existente (timere, porturi de uz general, PWM)

7. Conversia analog-digitala (ADC-Analog Digital Converter)

Exista mai multe metode de realizare. Ex: metoda aproximatiilor succesive, pe baza unei capacitati de descarcare etc.

8. Comunicatii paralele si seriale

Utilizate pentru transferul de date intre componentele unui sistem sau intre mai multe sisteme

a) *Transferul paralel* – se transmit sau receptioneaza simultan un numar de biti prin utiliarea unui numar corespunzator de linii de port.

- avantajul este ca pot fi transferati simultan mai multi biti de date
- dezavantajul se datoreaza necesitatii de a utiliza un cablu cu mai multe fire (important pt distante mari)
- pt siguranta se utilizeaza semnale de control (*handshaking*); transmitatorul informeaza receptorul ca o noua data a fost transmisa (semnal „*data ready*"-confirmare transmisie) iar receptorul informeaza transmitatorul ca data a fost receptionata (semnal „*acknowledge*"-confirmare receptie); o noua data nu se transmite decat dupa ce receptorul confirma citirea datei precedente;
- porturile MICCT sunt, de obicei, bidirectionale (pot fi programate atat ca intrari cat si ca iesiri)

b) *Transferul serial* – pt tranferul de date se utilizeaza un numar redus de linii de port

- sunt necesare operatii de serializare (la transmitere) si deserializare (la receptie), acest tip de comunicatie fiind mai complex decat cel paralel
- un octet este transmis bit cu bit, putand fi insotit si de biti de control
- transmisia seriala poate fi *sincrona* (se realizeaza sub controlul unui semnal de ceas-clock, atat la emisie cat si la receptie), sau *asincrona* (fiecare dispozitiv are propriul ceas insa functionand la aceeasi frecventa nominala)

ASPECTE LEGATE DE PROGRAMAREA MICCT

▪ Programul ce-l executa MICCT este o secventa de instructiuni prin care i se „spune" ce sa faca

▪ Aceste instructiuni sunt exprimate sub forma de succesiuni de cifre binare (0 si 1) – limbaj cod masina (programare dificila)

▪ Crearea limbajelor de asamblare (exprimarea instructiunilor sub forma simbolica) usureaza munca de programare, permitand totodata utilizarea codificarii simbolice pt spatii de memorie sau porturi.

▪ Regulile de scriere a programului (numit si *program sursa*) formeaza *sintaxa* programului

▪ Operatia de translare din limbajul simbolic in cod masina ⇒ *asamblare* ⇒ *program asamblor*

▪ Programul in cod masina – *program obiect*

APLICATII ALE MICCT

1. Controlul alimentarii cu combustibil

▪ ***Scop***: reducerea consumului de combustibil, reducerea emisiei de noxeprin controlul precis al intervalelor e timp in care fiecare cilindru va fi alimentat cu combustibil.

▪ ***Descriere***:

- pt stabilirea momentelor de timp pt care se valideaza/invalideaza alimentarea cu combustibil (controlul injectorului) se foloseste ca *punct de referinta* un semnal cules de pe arborele motor.
- in cazul MICCT 80C552 se utilizeaza Timerul 2al acestuia si circuitele aferente lui.

Exemplu:

A. Motor cu patru cilindri

In fig. sunt prezentate momentele de timp in care este necesara injectia de combustibil pt fiecare cilindru.



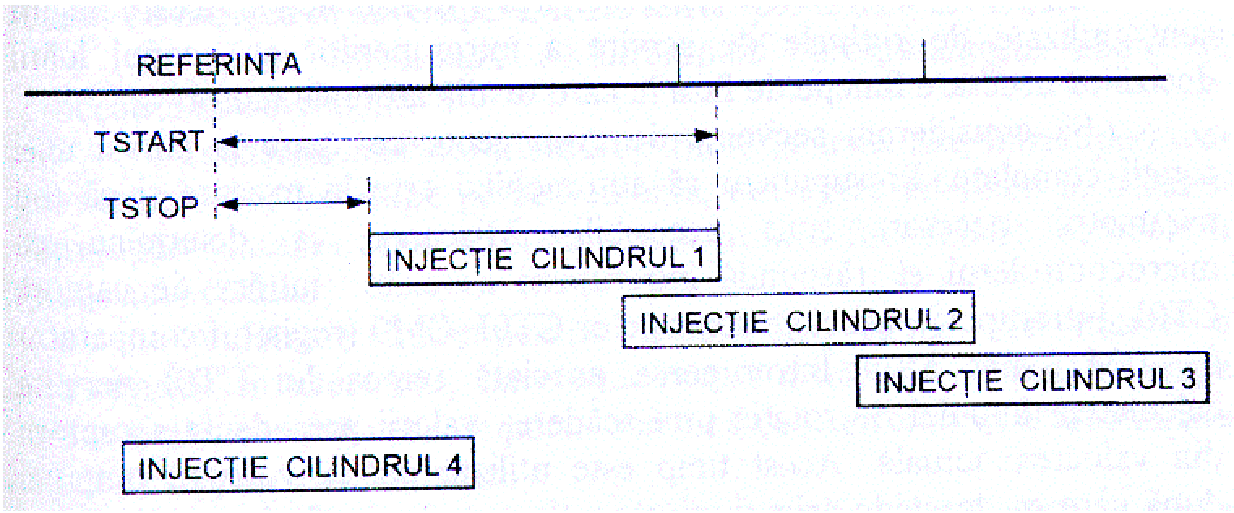


Fig. 1 – Diagrama de alimentare a celor patru cilindri (Tem Maties-p117f4.34)

- Cilindrii sunt numerotati in ordinea secventei de alimentare.
- Momentele de START si STOP ale injectiei sunt date in functie de punctul de referinta
- STARTUL injectiei este dat inainte de semnalul punctului de referinta
- Durata injectiei se calculeaza f-ctie de urmatorii parametri:
    - parametrii de proces cititi pe baza traductoarelor
    - parametrii de operare introdusi de utilizator
- Unghiul pt startul injectiei trebuie convertit in unitati de timp tinand seama si de punctul de referinta
- Momentele de validare/invalidare a alimentarii sunt independente pt fiecare cilindru (permite alimentarea simultana a 2 cilindri)

OBS: atunci cand in rutina de servire a unei intreruperi operatiile necesita un timp de calcul mai lung este posibila aparitia unor conflicte in functionarea in timp real; pt aceasta se poate organiza corespunzator rutina de servire a intreruperii.

B. Aparat de electrochirurgie

• Destinat operatiilor de taiere si/sau coagulare

• Se bazeaza pe utilizarea unor impulsuri nesinusoidale in curent, de putere relativ mare; efectele fizice dorite de personalul medical se obtin prin lucrul in regimuri specifice (monoppolar, bipolar)

• *Avantaje fata de chirurgia clasica*: operatii precise, reducerea pierderilor de sange, durata refacerii scurtata

• Datorita complexitatii functiilor ce trebuie sa le realizeze aparatul s-a apelat la *utilizarea unei unitati de comanda si control bazata pe MICCT 80C552*

Aceasta realizeaza (fig. 2):

a) Citirea semnalelor de intrare:
- semnal de sesizare a tesutului
- semnal de simetrie
- semnale de avarie: depasirea temperaturii, lipsa electrod neutru
- semnale de taiere, coagulare.

b) Generarea semnalelor de iesire:
- semnale analogice si logice de taiere sau coagulare in cele doua regimuri (monopolar, bipolar)
- semnal monopolar complex ce permite realizarea taierii cu hemostaza
- semnale ce indica blocului de putere modul de lucru monopolar, bipolar, automat

c) Interfata cu utilizatorul:
- panou frontal avand taste, afisaje tip 7 segmente si leduri
- interfata seriala pt cuplare la un calculator PC
- semnale de avarie optica si sonora
- semnale audio cu frecventa depinzand de modul de lucru (medicul va recunoaste operatiunea efectuata dupa sunetul emis de aparat; astfel se evita erorile datorate neatentiei)

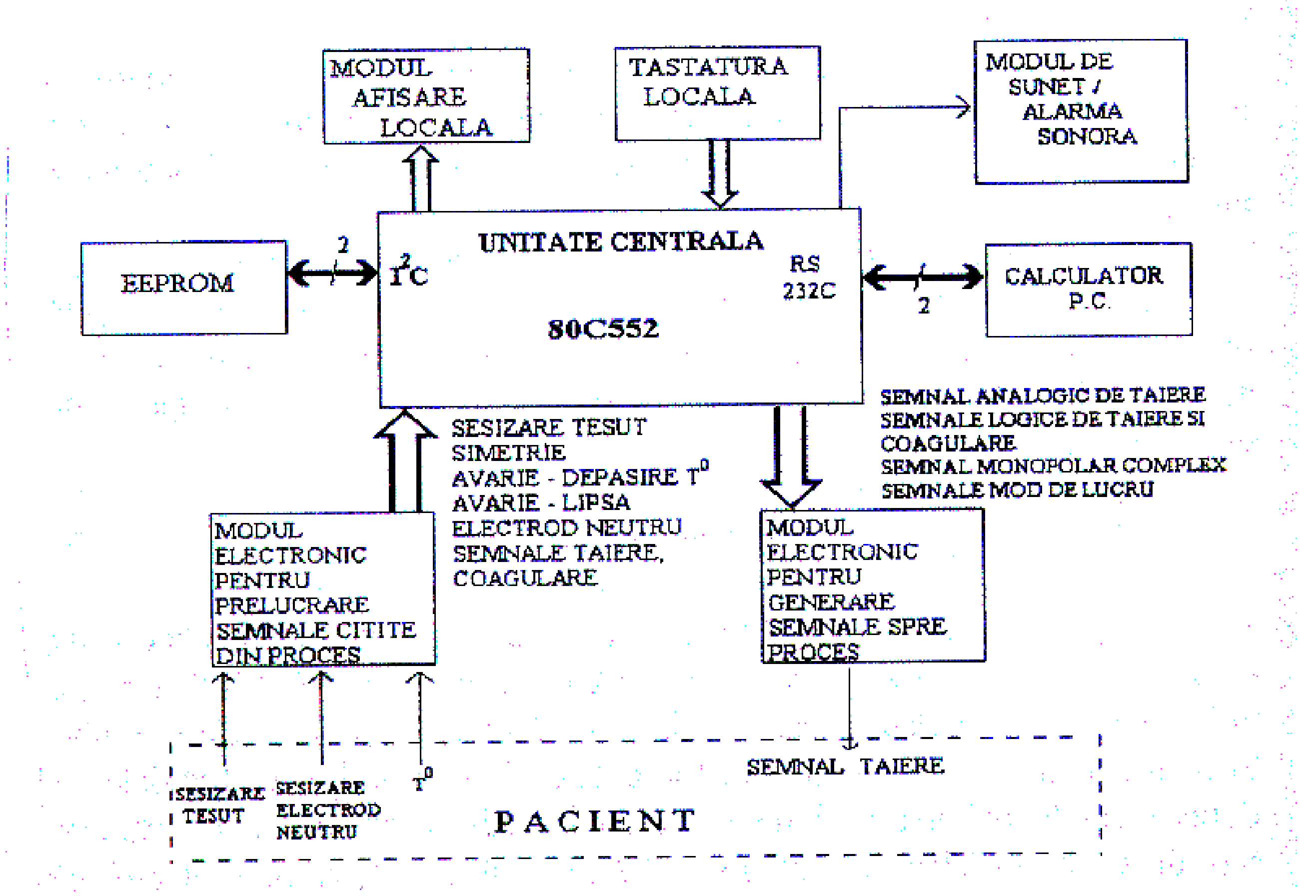


Fig. 2 – Aparat de electrochirurgie(Tem Maties-p117f4.35)

d) Alte utilizari:
- Aparat pt determinarea echilibrului acido-bazic prin masurarea concentratiilor de gaze si pH din sange
- Contor de gaze
- Contor de energie termica
- Controlul unei instalatii de incalzire
- Controlul digital al motoarelor

DISPOZITIVE DE CONDITIONARE A SEMNALELOR

1. FILTRE

1.1 Filtrarea semnalelor

SEMNAL – marime fizica capabila sa se propage intr-un mediu dat.
Filtrarea semnalelor – operatie de baza utilizata in culegerea, prelucrarea si transmiterea informatiei.
Filtru: **- *analogic*** (cu ajutorul retelei RLC, calculator analogic)
- *numeric* (prin utilizarea circuitelor logice sau a calc. numerice)

⇩

netezire semnale de iesire ale elementelor analogice sau separarea informatiei utile de zgomot (in cazul masurarii semnalelor de proces)

- **FILTRU ANALOGIC**

Modul de lucru

U(t) = R·i(t) (1)

i(t) = C· (dU$_2$ / dt) (2)

U$_1$(t) = U(t) + U$_2$(t) (3)

RC·(dU$_2$ / dt) + U$_2$ = U$_1$ (4)

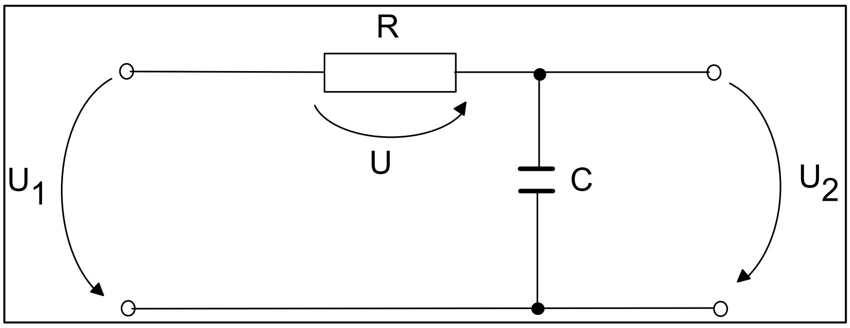


Fig.1 – Circuit RC

Daca U$_1$(t) este de forma unui salt treapta unitara:

$$U_1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$ (5) rezolv. ec. diferentiala (4) ⟹ **U$_2$(t) = 1 – e$^{-t/RC}$** (6)

➢ Forma semnalelor U$_1$(t) si U$_2$(t) va fi:

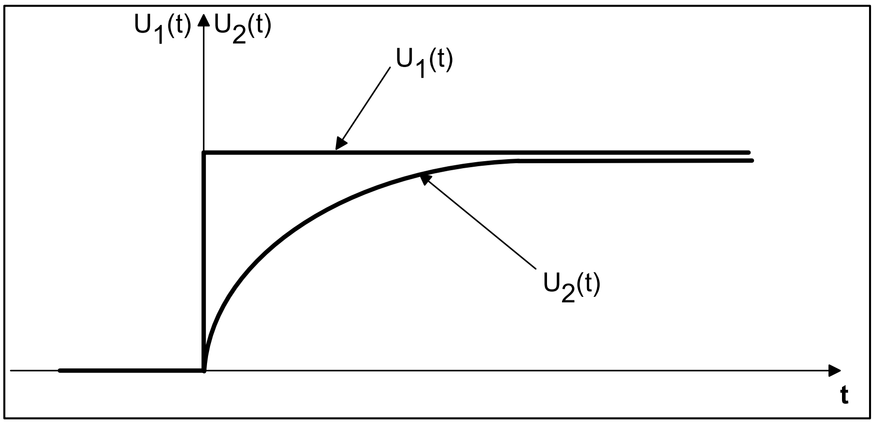


Fig. 2 – Diagrama semnale

Comentariu:

- pt. semnal de intrare tip treapta unitara se obtine la iesire (cazul circ. RC) semnal de tip exponential
- pt. t→∞ semnalul la iesire va repeta semnalul de la intrare

- **FILTRU NUMERIC**

- In sistemele numerice definirea variabilelor se face la intervale discrete ale timpului (***T*** = *perioada de esantionare*)
- Operatii uzuale efectuate de catre un filtru numeric: adunare, multiplicare cu o constanta, intarzierea cu un interval de timp T

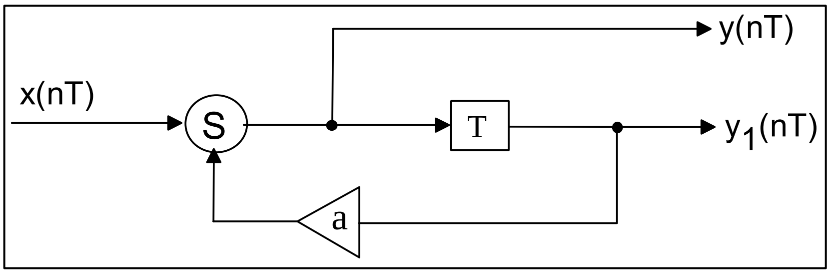


Fig. 3 – Filtru numeric

x(nT) – semnal de intrare
y(nT) – semnal de iesire
y_1(nT) – semnal intermediar, $y_1(nT) = y(nT-T)$
a – coeficient de multiplicare

$y(nT) = x(nT) + a\cdot y_1(nT)$ (7)
$y(nT) = x(nT) + a\cdot y(nT-T)$ (8)
$\Rightarrow$ $a\cdot[y(nT) - y(nT-T)] + (1-a)\cdot y(nT) = x(nT)$ (9)
$a\cdot\Delta y(nT) + (1-a)\cdot y(nT) = x(nT)$ (10)

Δ – operatorul diferenta: **$\Delta y(nT) = y(nT) - y(nT-T)$ (11)** **=>** ec. cu diferente finite a circuitului

Discutie: este ec. de ordinul 1; compatibila cu ec. (6); rolul derivatei este luat de operatorul diferenta; ambele ec. sunt liniare; in acest caz se poate aplica principiul superpozitiei.

Daca x(nT) este o succesiune de valori unitare (treapta unitara), pt n=0, 1, 2,….se poate calcula evolutia semnalului de iesire:

n = 0 , $y(0) = x(0) + a\cdot y(-T)$
n = 1, $y(T) = x(t) + a\cdot y(0) = x(T) + a\cdot x(0) + a^2\cdot y(-T)$

$$y(nT) = \sum_{i=0}^{n} a^i x(nT - iT) + a^{n+1} y(-T) \qquad (12)$$

Dar x(nT) = 1, pt. n ≥ 0 si y(-T) = 0:

$$y(nT) = \sum_{i=0}^{n} a^i = \frac{1-a^{n+1}}{1-a} \quad \text{(relatie valabila pt } |a| < 1\text{)} \qquad (13)$$

Obs. pt $n \to \infty$, $a^{n-1} \to 0$: $y(nT) \approx 1 / (1-a)$ **(14)**

- Pt a = 2 / 3 reprezentarea grafica arata:

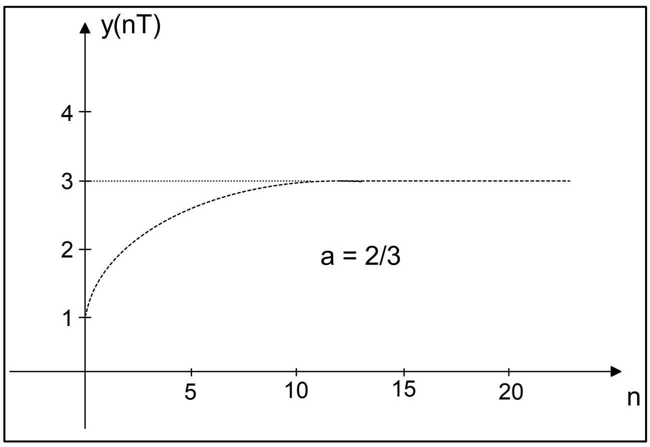


Fig. 4 – Raspunsul unui filtru numeric

1.2 CATEVA ASPECTE PRIVITOARE LA FILTRE

A. Filtrele analogice

- Realizate, de obicei, din circuite electronice care au ca semnale de iesire functii continue (liniare sau neliniare) ale semnalelor de intrare
- Se recomanda utilizarea in situatiile cand se cere o viteza mare de lucru (prelucrare in timp real)
- Utilizand si amplificatoarele operationale (AO) se pot realiza filtre analogice utilizate pt: recunoasterea unor forme de unda, masurari de amplitudine, durata, frecventa, calculul unor indicatori prin relatii matematice relativ simple

Exemplu: *masurarea unor marimi fizice cu ajutorul unui traductor*

- traductorul realizeaza conversia marimilor fizice masurate intr-o tensiune electrica (de regula proportionala cu marimea masurata)
- In domeniul de functionare traductorul se comporta liniar
- Semnalul de iesire al traductorului se transforma in semnal de intrare intr-un filtru trece jos (FTJ);
- FTJ evita aparitia fenomenului de suprapunere a puterii corespunzatoare frecventelor inalte peste cea a frecventelor joase (filtrare in frecventa)
- Utilizand circuite electronice adecvate se pot obtine filtre : trece jos (FTJ), trece sus (FTS), trece banda (FTB), opreste banda (FOB), trece tot (FTT).

B. Filtrele numerice

- Sunt *algoritmi* ce realizeaza conversia unei secvente de numere (semnalul de intrare) intr-o alta secventa de numere(semnalul de iesire) acesta din urma fiind modificat conform cerintelor impuse
- *Utilizate* pt: diferentiere, estimare, integrare, predictie sau filtrari in frecventa
- *Avantaje:*
  - precizie, stabilitate
  - absenta problemelor legate de adaptarea la impedanta
  - flexibilitate (raspunsul filtrului poate fi modificat prin modificarea unor coeficienti proprii)
  - pot fi implementate in sisteme ce lucreaza cu divizare de timp
  - daca sistemul necesita un numar mare de filtre, se poate realiza o structura comuna, cu influenta asupra costului realizarii (spre deosebire de filtrele analogice a caror cost creste cu nr de filtre)
- ***Schema bloc***:

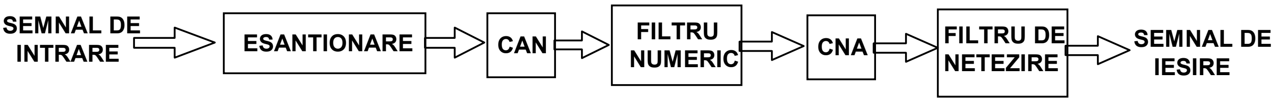


Fig. 5 – Sistem de prelucrare cu filtru numeric

Discutie:
- semnalul analogic este esantionat si aplicat unui convertor analog-numeric (CAN)
- se obtine din fiecare esantion un numar ce reprezinta marimea momentana a semnalului de intrare
- acest semnal se aplica filtrului numeric care il prelucreaza conform algoritmului dorit
- semnalul de iesire al filtrului numeric este convertit in semnal analogic de catre convertorul numeric-analogic (CNA)
- semnalul analogic este supus netezirii

Algoritmul care descrie filtrul numeric este o ec. cu diferente finite:

$$y(nT) = \sum_{i=o}^{m} b_i \cdot x(nT - iT) - \sum_{i=o}^{p} a_i \cdot y(nT - iT) \quad \text{, } a_i \text{ si } b_i \text{ – coeficienti reali} \qquad (14)$$

Obs. – semnalul de iesire y(nT) depinde de valori anterioare ale semnalului de iesire (prin intermediul coeficientilor a_i) si de valorile semnalului de intrare (prin intermediul coef. b_i)
- pt a functiona in timp real, trebuie ca timpul de executie al programului pt calculul membrului drept al ec.14 sa fie mai mic decat perioada de esantionare T

Tipuri de filtre numerice (functie de modul de realizare a filtrului numeric):

- ***filtre recursive*** (semnalul de iesire depinde de valorile anterioare ale semnalului de iesire si de valorile curente si anterioare ale semnalului de intrare, conf. ec.14)
- ***filtre nerecursive*** (semnalul de iesire depinde de valorile prezente si anterioare ale semnalului de intrare)

Aplicatii ale filtrelor numerice (filtre speciale sau utilizarea de calc. numerice):

- automatica (identificarea proceselor, regulatoare numerice, conducerea proceselor)
- analiza si sinteza vocii umane, recunoasterea automata a limbajului vorbit
- transmiterea informatiei (radio, televiziune, telefonie, radiolocatie etc.)
- chimie (analiza rapida a componentilor chimici utilizand spectrometre cu filtre numerice)
- analiza si filtrarea imaginilor (medicina, robotica, aviatie, meteorologie etc.)
- medicina (electroenecefalografe, electrocardiografe, analiza semnalelor neuronale etc.)
- geofizica (prospectarea seismica prin detonarea unor explozibili si inregistrarea semnalelor reflectate)

2. AMPLIFICATOARE

ROL: amplifica semnalul cules din mediu care, de obicei, are putere scazuta

Ex: in aplicatiile biomedicale, semnalul bioelectric si semnalul de la iesirea traductoarelor au semnalul scazut (semnalul la varf este sub 10 mV); acesta trebuie adus la un nivel de putere compatibil cu actionarea dispozitivelor de prelucrare si afisare.

- In cazul termocuplului Pt 70 Rh 30, sensibilitatea este de 0,0006….0,0011 mV/^{0}C iar pt domeniul de temperatura de 0^0…..190^{0}C se obtin semnale sub 2 mV.

- Senzorii electrochimici dau semnale si mai mici.

2.1 Clasificarea Amplificatoarelor

a) Dupa tipul relatiei semnal intrare/semnal iesire:

- *liniare* (semnalul de iesire il reproduce pe cel de intrare multiplicat cu un coeficient de proportionalitate)
- *neliniare* (semnalul de iesire depinde de cel de intrare dupa o lege neliniara)

b) Dupa tipul dispozitivului de amplificare utilizat:

- *electronice* (cele mai raspandite)
- *mecanice, electromecanice, hidraulice, pneumatice*

Amplificatoarele electronice:

▪ Dupa natura semnalului de intrare:
  - de curent continuu
  - de curent alternativ

▪ Dupa natura conexiunilor la intrare si iesire:
  - cu intrare si iesire fata de masa
  - cu intrare diferentiala si iesire fata de masa
  - cu intrare si iesire diferentiala

▪ Dupa domeniile de utilizare:
  - de instrumentatie (la aparate de masura si au o mare stabilitate a parametrilor functionali)
  - operationale (utilizate in realizarea unor operatii de calcul analogic)

2.2 AMPLIFICATOARELE OPERATIONALE (AO, OP)

Destinatie: in special realizarii prelucrarii primare analogice a semnalelor (pot realiza usor insumarea, integrarea, diferentierea etc.)

- combinarea mai multor AO ⇒ extractor de radical, multiplicator etc.

- caracteristicile circuitelor realizate cu AO depind numai de proprietatile componentelor pasive (rezistente, capacitati) si nu de proprietatile AO (avantaj: mai usor si mai ieftin sunt de obtinut aceste componente decat AO)

- se folosesc pt prelucrarea semnalelor analogice de nivel mediu de putere

- utilizate in aplicatii precum: filtrari, functii neliniare,detectoare de varf, comparatoare, convertoare tensiune-curent etc.

Schema:

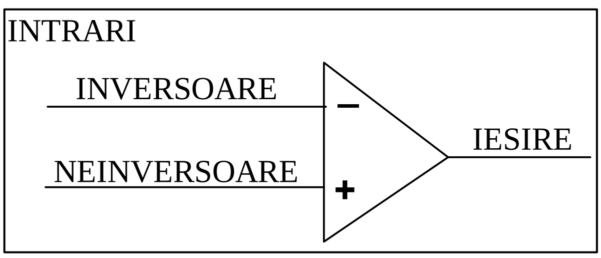


Fig. 6 – Amplificator operational

$$V_{OUT} = A \cdot (V_+ - V_-)$$

V_{OUT} –tensiunea de iesire este proportionala cu diferenta dintre cele doua tensiuni de intrare

▪ ***Caracteristicile AO:***
- amplificare infinita in bucla inchisa
- impedanta de intrare infinita (curenti nuli de intrare)
- impedanta de iesire nula (tensiune de iesire independenta de sarcina)

▪ In realitate, factorul de amplificare (A) depinde de: marimea semnalului, de timp, de temperatura, de tensiunea sursei de alimentare, de frecventa semnalului de intrare (se comporta ca un filtru trece jos)

▪ AO au si o tensiune de dezechilibru de intrare (offset) diferita de 0 (cativa mV) care se adauga la $\mathbf{V_+ - V_-}$ si variaza cu temp.

▪ Ex:

1. *Amplificatorul inversor*

(V_+ este la sursa, V_- este f. aproape de masa)

$i_f = V_{out} / R_f$ (15)

$i_{in} = V_{in} / R_{in}$ (16)

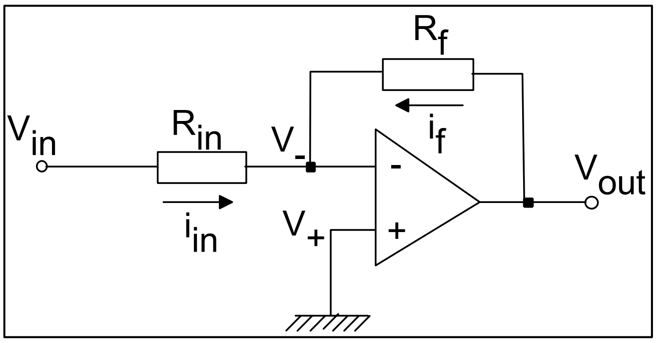


Fig. 7 Amplificator inversor cu reactie negativa

Deoarece intr-un AO ideal curentii de intrare sunt nuli, se poate scrie:

$i_f = -i_{in}$ (17)

$$\mathbf{V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}} \qquad \textbf{(18)}$$

Discutie:
- se obs. ca aplicarea reactiei negative modifica substantial performantele unui AO (amplificarea rezultata poate fi micsorata, stabilitatea se imbunatateste)
- amplificarea este determinata de valoarea rezistorilor (vezi ec.18)

2. *Amplificatorul sumator*

Se poate scrie ec. in curent ;

$i_f = -(i_1 + i_2)$ (19)

$i_f = -(V_1 / R_1 + V_2 / R_2)$ (20)

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} V_1 - \frac{R_f}{R_2} V_2 \qquad (21)$$

Insumarea poate fi extinsa pt mai multe semnale.

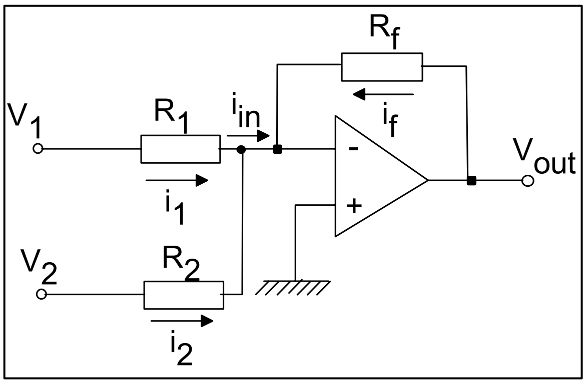


Fig. 8 – Sumator

Comentariu:
- rezistentele fiind elemente statice (nu inmagazineaza energie), semnalele de iesire depind numai de valorile semnalelor de intrare.
- pt functii dinamice se utilizeaza dispozitive capabile sa inmagazineze energie, precum condensatorii (mai rar bobine).

3. *Alte tipuri de amplificatoare*

3.1 – Amplificatorul diferential
- Se foloseste in masurarea unor tensiuni foarte mici, suprapusa peste altele mult mai mari (ex: amplificarea semnalului bioelectric)
- De obicei intereseaza diferenta de potential dintre doi electrozi.
- Amplificatorul trebuie sa amplifice semnalul bioelectric si sa atenueze (rejecteze) semnalul interferent ce apare datorita vecinatatii retelei de alimentare in curent alternativ (50 Hz).

3.2 – Amplificatorul cu modulare-demodulare
- Utilizat pt masurarea unor tensiuni sau curenti f. mici (µV, picoamperi)

3.3 – Amplificatorul de intrare
- Specializat in amplificarea precisa a tensiunii dintre terminalele de intrare

3.3 – Amplificatorul de putere
Rol: de a aduce un semnal la nivelul de putere necesar actionarii actionarii elementelor de forta
- Semnalul de comanda (intrare) este de obicei in tensiune
- Semnalul de iesire din amplificator poate fi in tensiune sau in curent (fctie e aplicatie)
- depasirea curentului sau tensiunii fac ca amplificatorul sa intre in regim de saturatie (limitare)
a) Amplif. liniar –
- erorile introduse de amplificator sunt minime;
- raspunsul in frecventa asigura o largime de banda mult mai mare decat largimea de banda a actuatorului (acest avantaj este util intr-un sistem audio)
- dezavantaj: randament scazut (se disipa multa putere in amplificator)
b) Amplificator PWM (impuls modulat in latime)

NOTIUNEA DE MECANISM IN MECATRONICA

- Ελεμεντε χαρε αυ δετερμινατ μοδιφιχαρι εσεντιαλε ιν στυδιυλ μεχανισμελορ:
    - aparitia actuatorilor determinati de dezv. tehnologiei mecatronice
    - dezv. de noi tipuri de mecanisme (ex: mecanismele de control)
    - rolul major al informatiei in sistemele mecatronice
- Χονσεχιντα: pe langa lantul material si energetic (specifice mecanismului conventional) i se ataseaza si ***lantul cinematic informational =>*** *cupla cinematica informationala* si *purtatori de informatie*

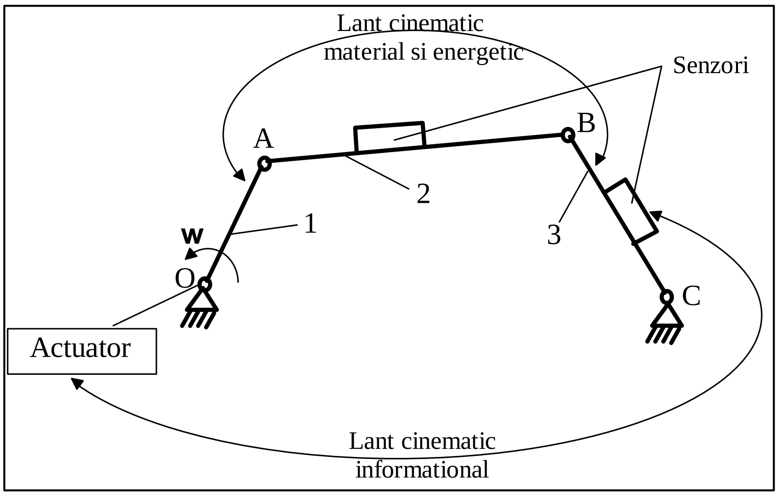
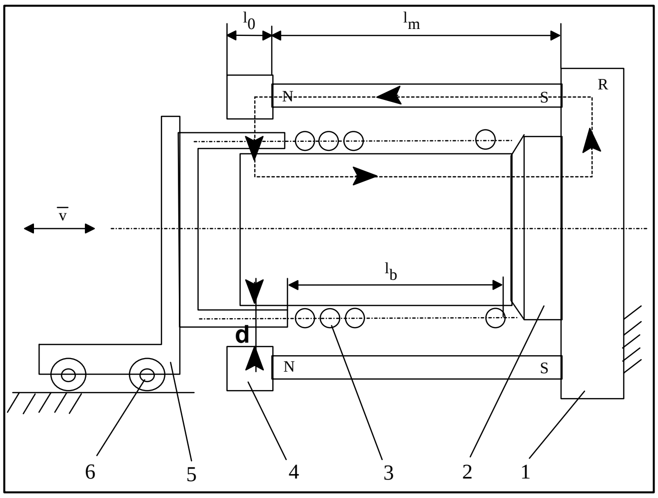


Fig. 9 – Mecanismul in mecatronica



Ex: cupla cinematica informationala din componenta actuatorilor Lorentz

Fig. 10 – Actuatorul Lorentz

Discutie

- *Inductorul* (fix) compus din:

1- placa de baza; 2-miez; 3-placa polara; magnetul permanent N-S

- *Ansamblul mobil* compus din:

4- bobina fixata (alimentata in curent continuu de la o sursa cu polaritate care se schimba) pe cadrul 5 si rolele 6.

Deci, sensul fortei de propulsie a caruciorului se schimba.

Mecanisme cu conexiuni elastice

-S-au devoltat mecanisme a caror mobilitate este asigurata numai/si prin intermediul deformatiilor elastice (deformatii reversibile, care se mentin in limitele legii lui Hooke)

- Aceste legaturi elastice pot fi asimilate unei cuple cinematice, unui lant cinematic sau chiar unui mecanism

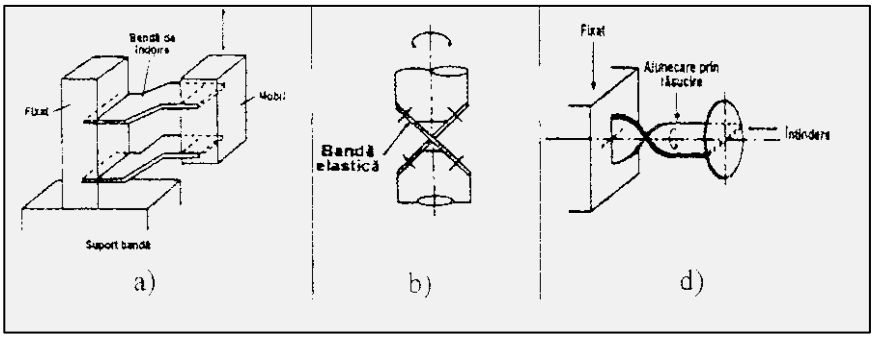
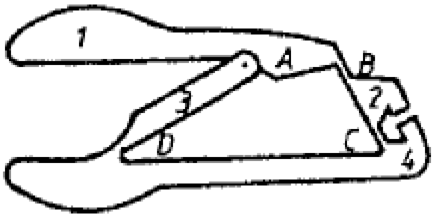


Fig. 11 – Articulatii elastice utilizate in constructia mecanismelor



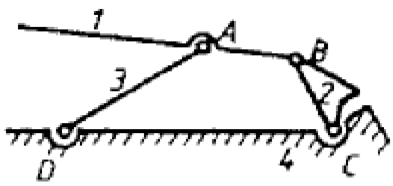
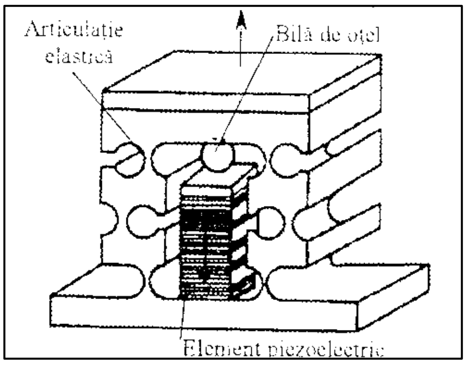


Fig.12–Mecanism de imprimare

Fig. 13 – Mecanism cu elemente elastice



MICROMECANISME

✓ Realizarile din domenii precum: energia atomica, microelectronica, ingineria genetica au stimulat creativitatea

✓Consecinta ⇨ Miniaturizarea ⇨ Modele din lumea vie

✓Aplicatiile industriale si biomedicale (manipularea unor componente electronice sau chiar a celulelor vii) au determinat aparitia <u>*micromecanismelor*</u>

1978 – Infiintarea unui laborator de cercetare in domeniul *micromecanismelor* la Institutul de Tehnologie din Tokyo

Defin: *micromecanismele* sunt masini utilizate pt manipularea microobiectelor, ele insele avand dimensiuni de domeniul ***micro***

Clasificare:

A. *Functie de elementele componente*

C – sistemul de comanda
S – sistemul de actionare
A_p – actuator pt pozitionare
A_w – actuator pt operare

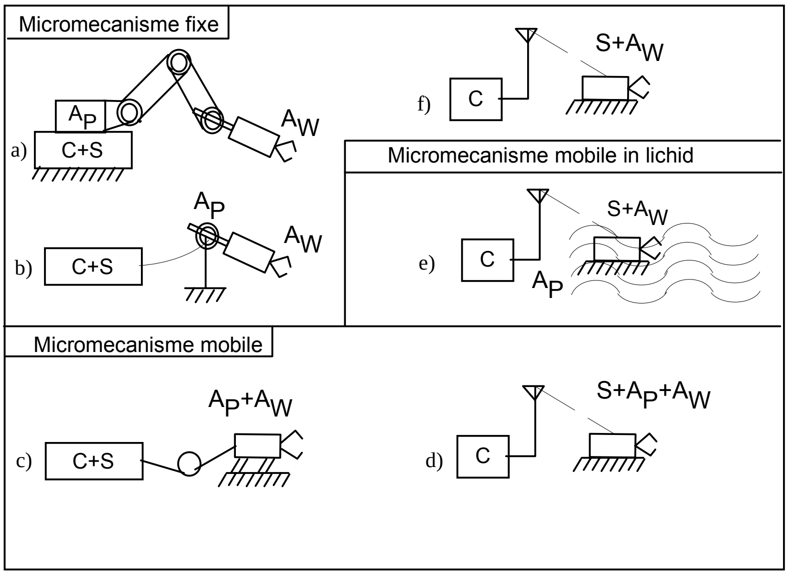


Fig. 1 – Clasificarea functionala a micromecanismleor (TEM-Maties-f4.73p165)

B. *Functie de marime*

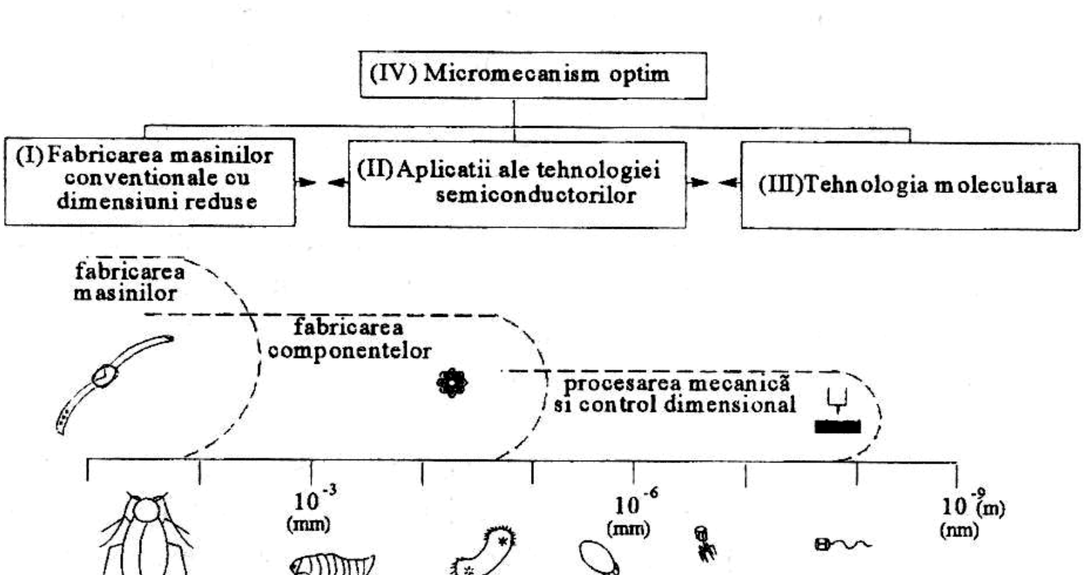


Fig 2 – Clasificarea dimensionala a micromecanismelor (TEM-Maties-p166f4.74)

✓***Comentariu***:
- daca ne referim la marimi conventionale, prin comparatie, ceasul de mana se numara printre cele mai mici;
- daca ne situam la nivelul comparatiilor de genul motor electrostatic pe o pastila de siliciu, notiunea de "mic" se refera la dimensiuni de ordinul micronilor;

✓Fctie de dimensiunile micromecanismelor, acestea au fost incadrate in trei generatii:
• *Prima generatie* - micromecanisme a caror componente au dimensiuni ≥1 mm (realizate cu ajutorul tehnologiilor clasice)
• *A doua generatie* - micromecanisme a caror componente au dimensiuni ≤1 mm pana la cele de ordinul micronilor (realizate cu ajutorul tehnologiilor specifice semiconductorilor)
• *A treia generatie* - micromecanisme a caror componente au dimensiuni submicronice sau de marimea bacteriilor (realizate cu ajutorul tehnologiei moleculare)

✓*Trasaturi specifice micromecanismelor:*
o sunt dotate cu un anumit gad de inteligenta
o sunt adaptabile si ajustabile pt a fi in concordanta cu conditiile de mediu sau cu comenzile ce se transmit;
o au o viteza mare de raspuns la semnalul de comanda;
o la realizarea lor se utilizeaza materiale cu caracteristici mecanice superioare datorita dimensiunilor reduse

Implicatii
■ *previziunile tind sa atribuie micromecanismelor un impact economic asemanator cu cel determinat de microelectronica*
■*deoarece proiectarea acestora necesita o noua filozofie si metode diferite fata de practica curenta in proiectarea inginereasca (micromecanismele pot avea mai multe elemente comune cu microorganismele decat cu masinile si mecanismele traditionale) se vor impune noi abordari in domeniul educatiei, a pregatirii fortei de munca*
■*topologia, componentele structurale, materialele, actuatorii, comanda, locomotia micromecanismelor, fortele care se dezvolta, vor fi determinate de mediul in care lucreaza micromecanismele si vor trebui sa respecte legile care guverneaza lumea microscopica*
■*observatiile si studiile asupra lumii vii vor fi intens folosite ca surse de inspiratie in tehnica si vor sta la baza conceptiei si proiectarii*
■*bionica (o noua stiinta interdisciplinara care studiaza legitatile structurale si functionale ale sistemelor vii) va fi folosita in aceasta investigare iar rezultatele vor fi transferate in domeniul tehnicii*
■*legile care guverneaza functionarea micromecanismelor pot fi stabilite empiric, pe baza macromodelelor*
■*datorita raportului dintre suprafata si volum, fortele precum aderenta, frecarea, rezistenta vascoasa, tensiunile superficiale s.a. sunt dominante comparativ cu inertia (domianta la macromecanisme)*
■*CAD pt micromecanisme va trebui sa tina seama de constrangerile speciale impuse de microfabricatie*
■*se vor avea in vedere noi tipuri de actuatori prin valorificarea proprietatilor unor materiale sau/si prin valorificarea efectelor unor fenomene, precum campurile electromagnetice*
■*se vor dezvolta noi discipline care sa puna bazele analizei dimensionale si a simularii in domeniul microsistemelor*
■*vor trebui rezolvate problemele ridicate de interfatarea microsistemelor*

Toate acestea vor necesita inventivitate, spirit creativ in cercetare si proiectare

TRANSMISIA MECANICA

ROL: transmiterea lucrului mecanic sau a miscarii de la masina motoare la o masina transformatoare sau la o masina de lucru prin modificarea parametrilor cinematici (viteza, acceleratie etc.)

Tipuri de transmisii: mecanice, hidraulice, pneumatice, electrice, hibride etc.

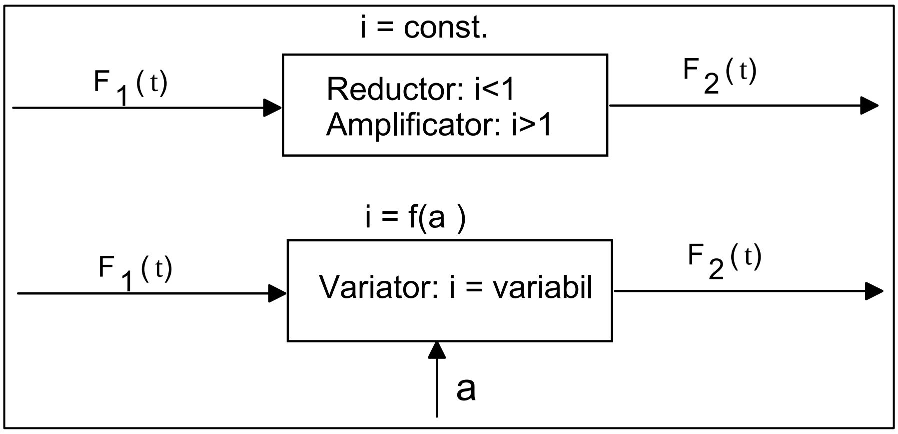


Fig. 3 – Schema bloc a unei transmisii mecanice

$\Phi_1(t)$ – legea de miscare la elementul conducator (parametru de intrare)
$\Phi_2(t)$ - legea de miscare la elementul condus (parametru de iesire)
i - raport de transmitere
α – parametru de reglare

ELEMENTE DE TEORIA CONTROLULUI

Notiunea de sistem

■Definitie: *Sistemul* = o unitate complexa constituita dintr-o multime de elemente aflate in interactiune, care se comporta unitar in relatiile sale cu mediul

Obs. – orice obiect sau fenomen poate fi considerat un sistem daca poate fi separat de celelalte obiecte si fenomene si poate fi definit riguros si univoc.

Ex:

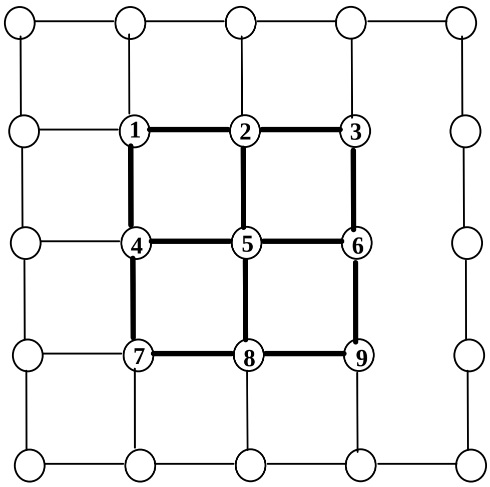


Fig. 4

Discutie:

- *Sistemul* = multimea elementelor 1,2,3,4,5,6,7,8,9 intre care exista legaturi mai puternice, mai stabile si mai necesare decat intre celelalte elemente din mediu.

Sistemul pune in discutie probleme cum ar fi : ordinea, organizarea, structura, starea in care se afla elementele

- ✓ **Organizarea** – determina ca sistemul sa fie mai mult decat suma partilor sale (fara organizare interna totalitatea elementelor nu ajung la integritatea caracteristica sistemelor organizate si nu dobandesc proprietati noi) => cu cat un sistem difera mai mult de suma partilor sale cu atat este mai organizat (diferenta determinata de relatiile care se stabilesc intre elementele sale)
- ✓ Sistemul este caracterizat atat de relatiile dintre elemente cat si de relatiile dintre parti si intreg si dintre intreg si parti (pe langa coordonarea partilor intervine si coordonarea partilor de catre intreg si a intregului de catre parti)
- ✓ Cu cat un sistem este mai organizat cu atat intregul influenteaza mai mult partile din care este format si partile influenteaza mai putin intregul)
- ✓ Sistemele sunt organizate pe niveluri, elementele lui fiind formate la randul lor din alte elemente, care formeaza subsisteme;
  Ex: celula este formata dintr-o multime de macromolecule care la randul lor sunt formate de molecule, moleculele sunt formate din atomi, atomii din nuclee si electroni, nucleele din protoni si neutroni, protonii si neutronii din quarcuri s.a.m.d.; deci, fiecare sistem face parte dintr-un sistem superior.
- ✓ Fiecare subsistem superior de organizare a materiei este alcatuit dintr-o multime de subsisteme de ordin inferior, structura sistemica a lumii realizandu-se prin intermediul unui proces de **superizare** (fig. 5)

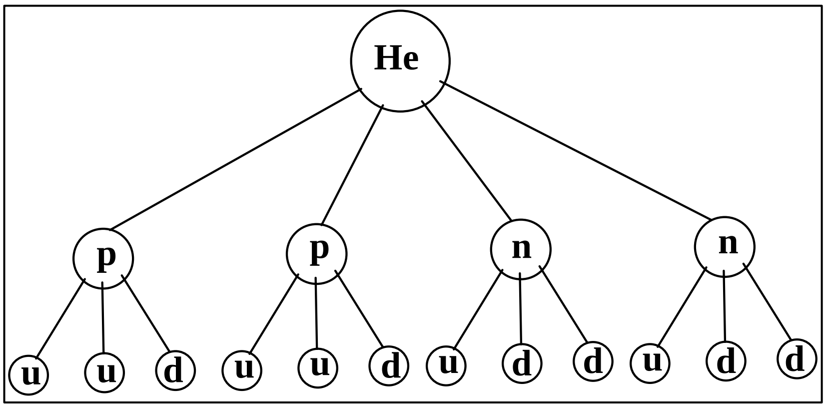


Fig. 5 – Reprezentarea procesului de superizare

Comentariu:
- o multime de quarcuri (u) sau (d) da nastere unui proproton (p) sau neutron (n)
- o multime de protoni si neutroni dau nastere unui nucleu ^{4}He
- prin acest proces de superizare, subsistemul de ordin superior dobandeste **proprietati emergente** (= proprietati care nu apartin sistemelor din care este format ci deriva din interactiunea dintre ele)
- fiecare sistem, ca unitate organizatorica, cuprinde pe langa ***substanta*** si ***energia*** din care este constituit si o anumita cantitate de ***informatie***
- desi aceste trei elemente nu pot fi despartite, in cadrul anumitor sisteme exista relatii preponderent substantiale sau energetice (ex: relatiile muschi-ficat) dar si relatii preponderent informationale (ex: relatia sistem nervos – sistem imunitar)
- exista o mare varietate de sisteme : tehnice, economice, sociale, biologice etc.

In continuare vor fi abordate sistemele tehnice dar facandu-se referiri si la cele din lumea vie ca exemplificare.

CLASIFICAREA MECANISMELOR DE CONTROL

Controlul – proces complex care consta in monitorizarea parametrilor unui sistem in scopul reglarii lor pt mentinerea la valori impuse de buna functionare a sistemului
Ex:

1. *Sistemul de incalzire a unei locuinte* – se impune reglarea parametrilor centralei termice (debit gaz, temperatura apei) functie de temperatura spatiului incalzit

2. *Conducerea unei locomotive* (fig. 6) – parametrul reglat (controlat) este viteza de deplasare care trebuie adaptata la cerintele impuse de traseul de parcurs (curbe, portiuni cu restrictii de viteza etc.)

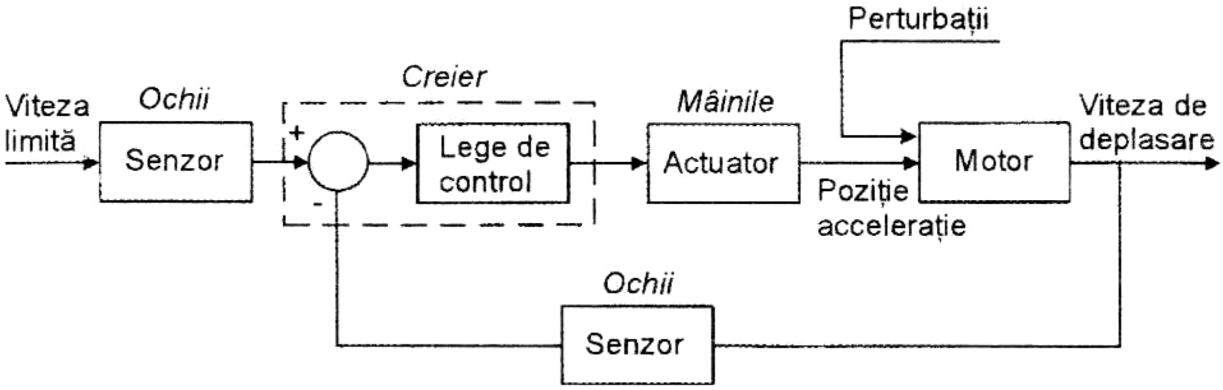


Fig. 6 – Mecanismul de control al deplasarii unei locomotive

3. *Conducerea unui automobil* (fig. 7) - cu doua variabile de intrare, parametrii controlati fiind directia de deplasare si acceleratia

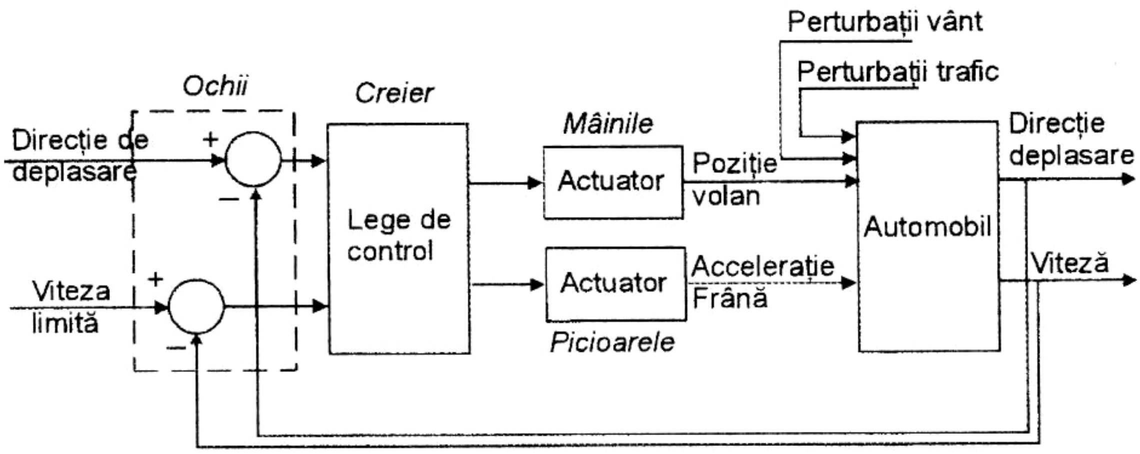


Fig. 7 – Mecanismul de control al deplasarii unui automobil

Clasificari ale mecanismelor de control

1. ***a***) *Regulatoare* – variabilele controlate sau iesirile trebuie mentinute intre limite impuse (se intalnesc in ind. chimica, energetica, alimentara etc.); Frecvent se impune controlul nivelului, presiunii, temperaturii, vitezei, frecventei etc.

b) *Servomecanisme* – parametrul controlat este pozitia

2. ***a***) mecanisme de control continuu
b) mecanisme de control discrete

3. ***a***) mecanisme de control liniare
b) mecanisme de control neliniare

4. ***a***) controlul in bucla deschisa
b) controlul in bucla inchisa (*feedback control*)
c) controlul prin prevenirea erorilor (*feedforward control*)

a) ***Controlul in bucla deschisa***

✓**Ex**: *controlul nivelului apei intr-un rezervor* (fig. 8)

- se urmareste mentinerea nivelului ***c*** (parametru de iesire) la o valoare cat mai apropiata de referinta ***r***.

- valoarea impusa, ***r***, reprezinta intrarea iar nivelul curent, ***c***, reprezinta iesirea

✓*Functionare*:

Apa intra prin supapa S_a (admisie) si iese prin supapa S_e (evacuare); mentinerea nivelului ***c*** la valoarea impusa ***r*** se realizeaza cu ajutorul supapei S_a;

Mentinerea se poate realiza manual sau cu ajutorul unui actuator pneumatic, hidraulic sau electric

e = r – c – eroarea

✓*Dezavantaje*: aceste sisteme au performante scazute mai ales cand apar perturbatii (variatia presiunii in reteaua de alimentare)

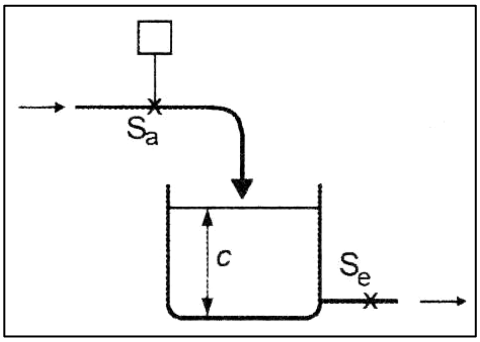


Fig. 8 – Controlul nivelului

b) ***Controlul in bucla inchisa (feedback control)***

Se mai numeste si *„control cu alimentare in urma"* , *„control cu reactie negativa"* sau *„control prin corectarea erorilor"*

b.1 Ex: Controlul nivelului apei intr-un rezervor (fig. 9***):***

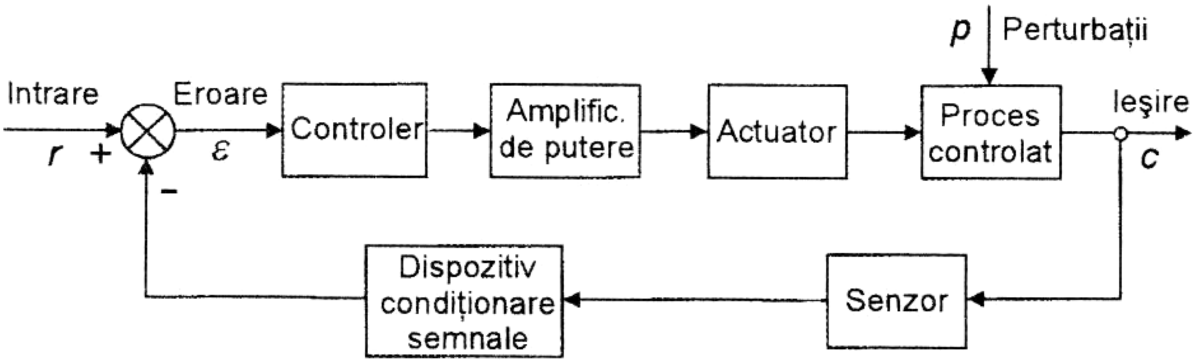


Fig. 9 – Schema bloc a mecanismului de control cu reactie negativa

✓*Comentariu* (cu aplicatie la controlul nivelului apei din ex. anterior) :

- semnalul de iesire ***c*** (parametrul controlat) este masurat continuu si comparat cu semnalul de referinta ***r***
- eroarea ***e = r – c*** trebuie sa fie cat mai mica (ideal zero)
- controlerul amplifica eroarea ***e*** (prin factorul de amplificare ***k***)
- amplificatorul de putere adapteaza semnalul de iesire din controler la cerintele actuatorului
- actuatorul realizeaza controlul supapei de admisie S_a
- perturbatiile apar inainte de supapa S_a

b.2 Ex: Mecanismul de control al turatiei unui motor (fig. 10a si schema bloc corespunzatoare, fig. 10b)

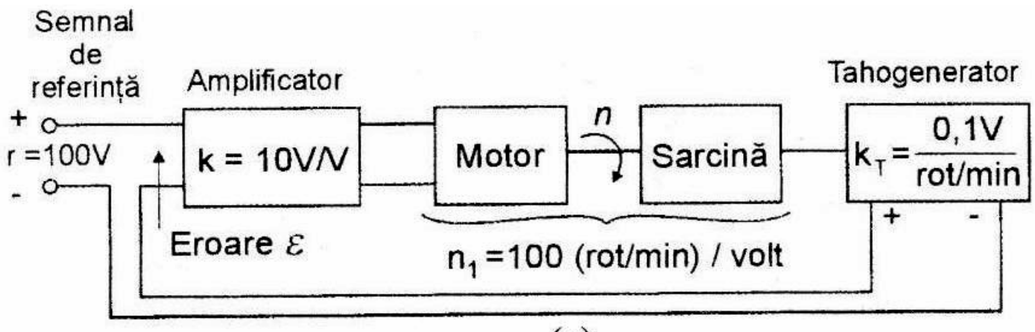
Eroarea: $$e = r - n\cdot k_T = 100 - 0{,}1\cdot n \quad (1)$$

Tensiunea la iesirea din amplificator: $$U_a = k\cdot e = 10\cdot e\ [V] \quad (2)$$

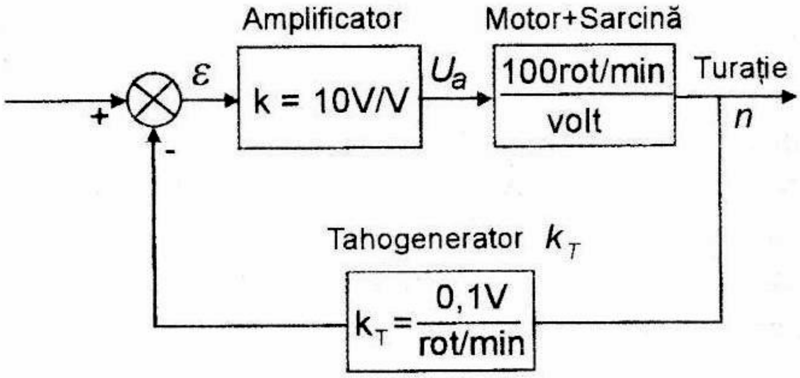
Turatia motorului : $$n = U_a\cdot n_1 = 10\cdot e\cdot 100 = 1000\cdot e\ \ [rot/min] \quad (3)$$

Inlocuind (3) in (1) se obtine eroarea: $$e = 100 - (0{,}1\cdot 1000\cdot e) = 100 - 100\cdot e$$

$$e = 0{,}9901\ \ [V]$$



(a)



(b)

Fig. 10 – Mecanismul e control al turatiei unui motor

c) *Controlul prin prevenirea erorilor (feedforward, feedbefore)*

- Daca un sistem functioneaza intr-un mediu in care se produc modificari ce nu pot fi corectate, sistemele bucla inchisa nu pot asigura buna functionare
- Aceasta situatie se rezolva cu ajutorul mecanismelor de control in avans (mecanisme de control prin prevenirea erorilor) (fig. 11)

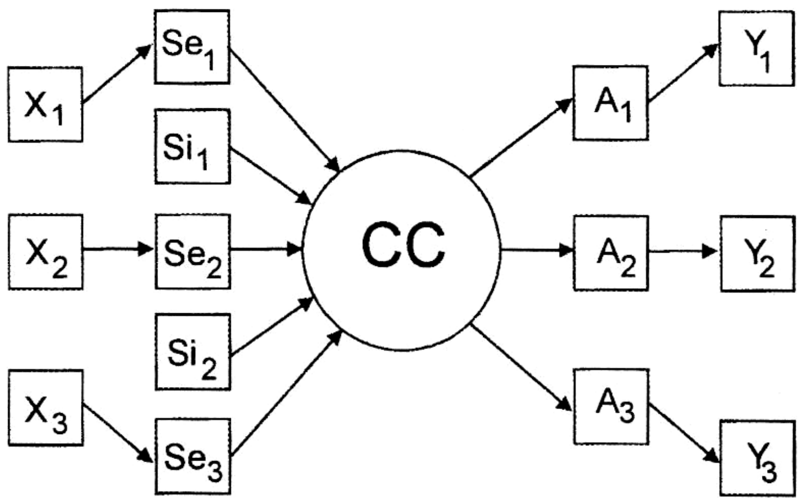


Fig. 11 – Schema unui mecanism de control feedbefore

Comentariu:

- Senzorii Se_1, Se_2 , Se_3 sesizeaza variatia parametrilor mediului X_1, X_2 , X_3
- Senzorii Si_1, Si_2 sesizeaza variatia parametrilor interni
- Centrul de control CC prelucreaza informatiile primite de la senzori si transmite comenzile corespunzatoare catre actuatorii A_1 , A_2 , A_3 care actioneaza elementele reglate Y_1 , Y_2 , Y_3
- Daca in urma analizei informatiilor primite din exterior si din interior centrul de comanda CC ajunge la concluzia ca exista o mare probabilitate sa se produca evenimentul X_i , atunci va alege strategia Y_i , capabila sa previna perturbatiile pe care le-ar putea determina evenimentul X_i .
- Acest tip de mecanism functioneaza in organismul uman

EXEMPLE DE CONTROL IN LUMEA VIE

- ***Mecanismul de control al tensiunii arteriale la om*** (fig. 12)

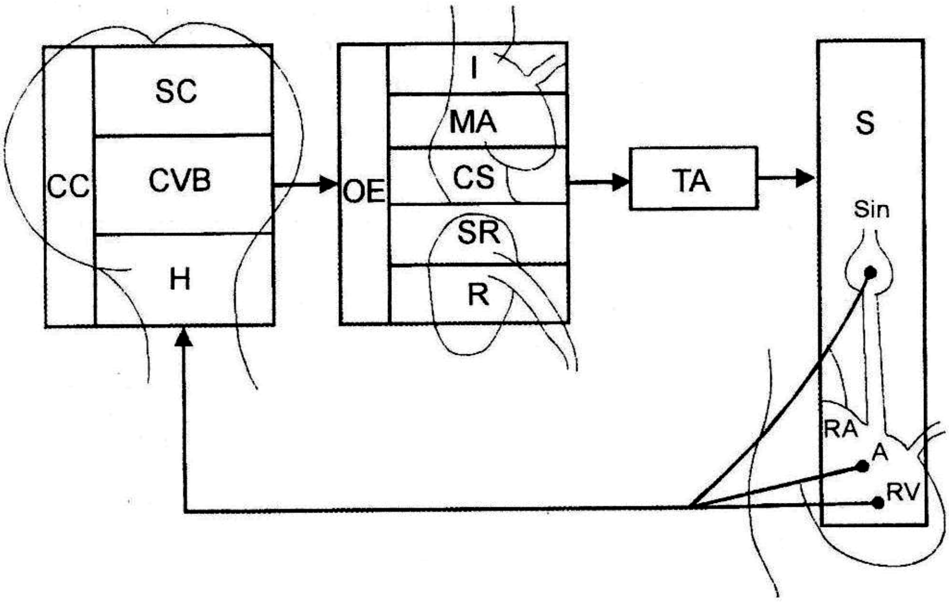


Fig. 12 – mecanismul de control al tensiunii arteriale (TA)

CC – centrii de comanda; **SC** – scoarta cerebrala; **H** – hipotalamusul; **CVB** – centrii cardiovasculari din bulb; **OE** – organele de executie (actuatorii); **I** – inima ; **MA** – musculatura arteriala; **CS** – corticosuprarenala; **SR** – suprarenala; **R** – rinichiul; **S** – senzorii; **Sin** – sinusul carotidian; **RA** – receptorii aotrici; **RV** – receptorii ventriculari; **A** – receptorii auriculari

Comentariu:
- in functionarea mecanismului de control, inima intervine prin variatiile de debit
- musculatura arteriala poate creste sau reduce arborele vascular
- medulo-suprarenala poate influenta debitul si starea de contractie a musculaturii arteriale prin secretia de adrenalina
- corticosuprarenala poate influenta volumul sanguin prin mineralcorticoizii pe care ii secreta
- rinichiul poate, prin secretia de renina, sa duca la aparitia angiotensiunii si la contractia musculaturii arteriale iar prin variatia cantitatii de lichide eliminate poate influenta volumul sanguin
- ansamblul buclelor de reactie (fig. 13) are urmatoarea componenta: TA-baroreceptori-sistem nervos; TA–rinichi-angiotensina; Volemie –osmoreceptori-sistem nervos-hormon antidiuretic(HAD)-rinichi-volemie

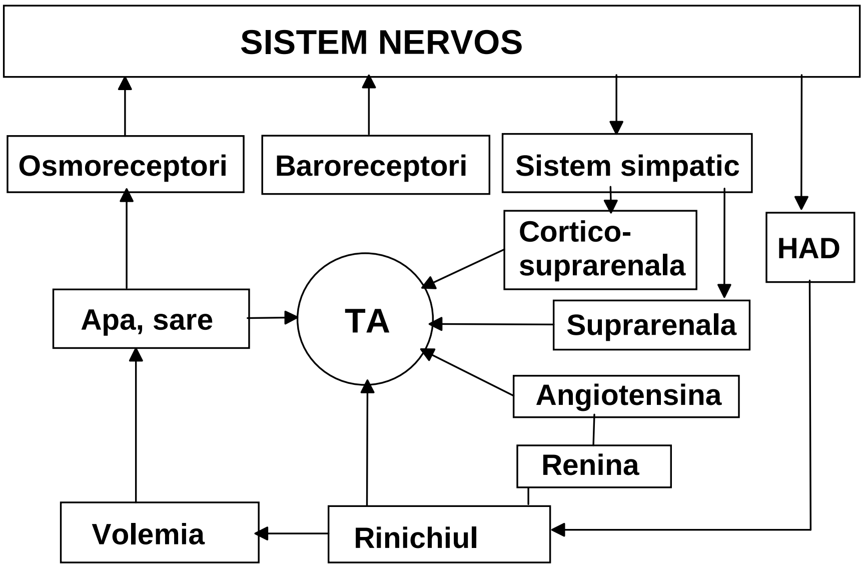


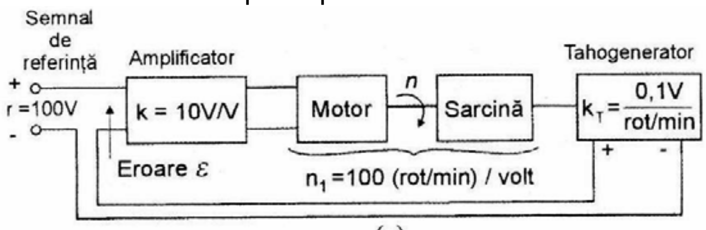
Fig. 13 – Buclele de reactie in sistemul de control al tensiunii arteriale

ELEMENTE DE ANALIZA SI PROIECTARE A MECANISMELOR DE CONTROL

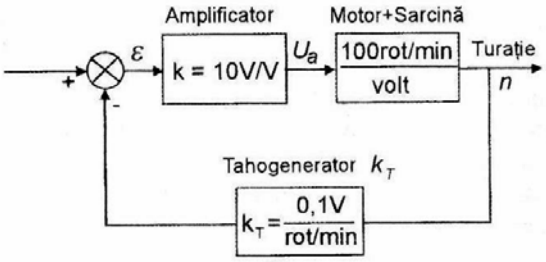
❑ ANALIZA – are scopul de a evalua performantele mecanismului de control prin modul in care acesta raspunde la diferite semnale de intrare si la perturbatii
- daca rezultatele impun imbunatatirea performantelor, prin reproiectare se urmareste imbunatatirea acestora fara a schimba elementele esentiale cum ar fi: procesul controlat, actuatorii, amplificatorul s.a.
- de dorit ca aceasta imbunatatire a performantelor sa se faca pe seama controlerului

❑ **Ex**: ***Analiza principalilor indicatori de performanta ai mecanismului de control al turatiei unui motor electric***

Obs: se considera un semnal de intrare tip treapta



(a)



(b)

Indicatori: - Durata regimului tranzitoriu (trabuie sa fie cat mai scurta si cu minimum de oscilatii)
- Eroarea in regim stabilizat (sa fie cat mai mica)
- Solicitarea dinamica a mecanismului la variatia parametrilor sa fie cat mai redusa

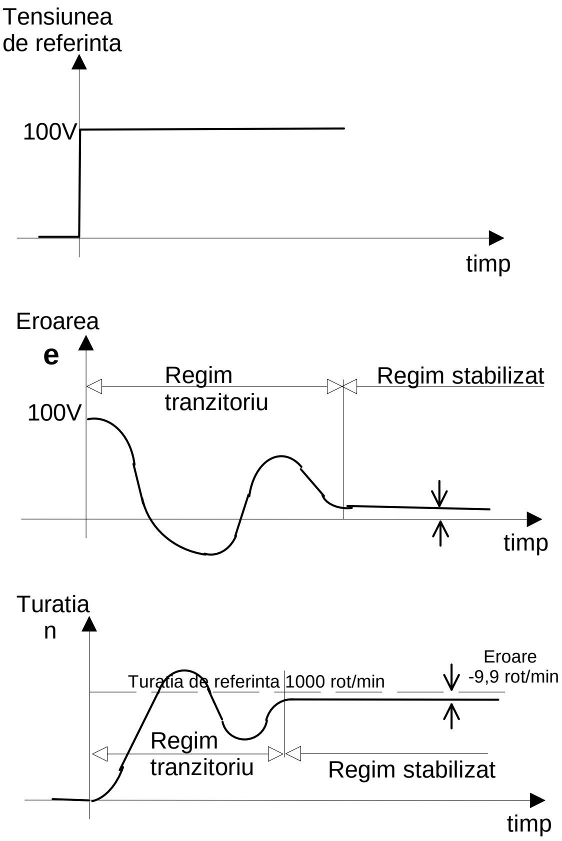


Fig. 1 – Raspunsul mecanismului la semnalul treapta

Avantajele controlului feedvack:
- reducerea efectelor variatiei parametrilor
- reducerea efectelor perturbatiilor
- reducerea duratei fazei tranzitorii
- reducerea erorilor in faza de regim stabilizat

Stabilitatea – indicator important de performanta;   Analogie cu sistemele mecanice (fig. 2)
- Sistemele stabile revin la starea de echilibru dupa disparitia perturbatiilor iar sistemele instabile intra in vibratii care pot duce la distrugerea unor componente

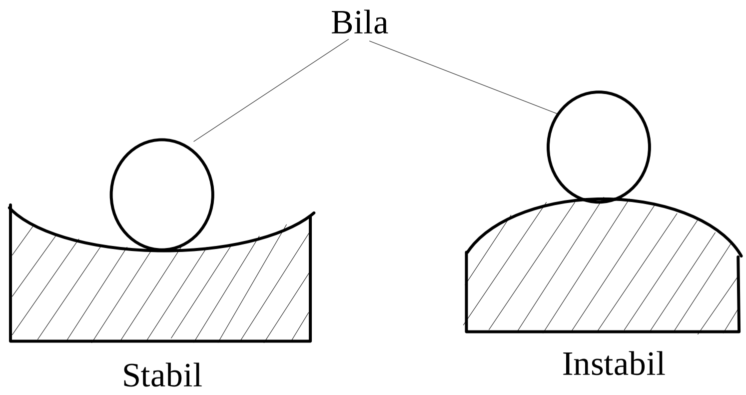


Fig. 2 - Similitudinea cu stabilitatea sistemelor mecanice

MASINI INTELIGENTE

A. <u>**INTELIGENTA**</u>

Obs: exista diferite definitiii care urmaresc sa defineasca cat mai complet aceasta notiune ; difera functie de perspectiva din care a fost analizata (de pregatirea de specialitate a celui care o defineste)

➢ « *Capacitatea de a intelege usor si bine, de a sesiza ceea ce este esential, de a rezolva situatii sau probleme noi pe baza experientei acumulate anterior* »

➢ *« Capacitatea de adaptare la situatii noi, capacitatea de a rationa, de a intelege legaturile dintre fapte, de a descoperi intelesuri si de a recunoaste adevarul »*

A1. <u>***Inteligenta artificiala***</u>

Definitie : - *reprezinta abilitatea unor structuri artificiale, create de om, de a indeplini aceleasi feluri de functii ca si cele care caracterizeaza gandirea umana*
- inteligenta artific. = *reproducerea sau duplicarea procesului uman de gandire*

- Dezvoltarea unor asemenea structuri artificiale preocupa umanitatea din timpuri vechi
- Directii actuale de dezvoltare :

$$\begin{cases} \textit{cercetarea psihologica in domeniul gandirii umane} \\ \textit{dezvoltarea tehnologica a sistemelor computerizate} \end{cases}$$

- Dezvoltarea sistemelor computerizate, inceputa acum 4 decenii, a starnit mari sperante
  - *Faza 1*: calculatoarele capabile sa resolve probleme mai complexe decat programarea directa - probleme de logica, probleme de sah etc.
  - *Faza 2* : capabile sa invete (« invatate sa invete ») , sa creeze, sa inventeze, sa gandeasca (depasirea fazei cand un calculator face doar ceea ce i se spune)

- Majoritatea variantelor de inteligenta artificiala se bazeaza pe ***ipoteza de interpretare a simbolurilor***, activitatea inteligenta putand avea loc prin simpla manipulare a simbolurilor, fara a fi necesara cunoasterea semnificatiei acestora

❖ ***Cercetarile in domeniul inteligentei artificiale includ*** :

a) *Educarea masinii*

- Este un proces prin care un calculator invata sa rezolve probleme noi
- Desi au capacitate limitata, masinile pot invata la fel ca si oamenii, prin intermediul unor exemple cu ceea ce este corect si ceea ce este gresit, prin compararea lor
- Faptul ca masinile nu cunosc notiuni ce ar putea fi relevante pt o anumita problema ii obliga pe cei ce se ocupa cu « educarea » computerelor sa faca in asa fel incat masina sa se concentreze pe elementele specifice care fac distinctia dintre un exemplu bun si unul rau

Metode de invatare

- Alegerea cu mare atentie a exemplelor utilizate in procesul de educare in asa fel incat fiecare sa difere de celelalte doar prin una sau doua insusiri semnificative
- Masinile sa incerce sa incadreze fiecare exemplu intr-un set de sabloane sau explicatii predefinite, ele fiind asistate de un operator uman care are rolul de a le corecta atunci cand gresesc
- Masina serveste ca « aid-memoire », tinand evidenta cu toate situatiile intalnite, in acest caz operatorul uman obtinand mai usor o lista cu toate cazurile similare celui cu care se confrunta
- Invatarea prin adaptarea la mediu, ca in cazul algoritmilor genetici si al retelelor neuronale

b) *Intelegerea limbajului*

- Vorbirea este alcatuita din sunete complexe, produse de aparatul vocal, si constituie cel mai important mijloc de comunicare interumana
- Intelegerea a ceea ce se comunica prin vorbire presupune utilizarea cunostintelor despre limbajul respectiv
- Prin analogie, pt ca o masina sa inteleaga mesajele verbale, trebuie « invatata » corespunzator
- De regula, sunt 2 etape :
  - recunoasterea cuvintelor izolate
  - intelegerea propozitiilor formate din mai multe cuvinte (recunoasterea automata a vorbirii)
- Recunoasterea cuvintelor vorbite este mai dificila decat recunoasterea celor scrise

❑ Dificultati in recunoasterea cuvintelor vorbite

♦ Toate cuvintele sunt compuse din cateva sunete de baza, numite ***foneme***, insiruite in diferite combinatii (ex : in limba engleza sunt 40 foneme care corespund, aproximativ, simbolurilor de pronuntie din dictionar)

♦ Teoretic, pt recunoasterea unui cuvant ar fi suficienta urmarirea secventelor de foneme

♦ In realitate, semnalul acustic generat in timpul vorbirii este dependent de factori precum : intonatia vocii, viteza de pronuntie, timbrul vocii, limbajul utilizat, starile fizice si emotionale, originea geografica si sociala a vorbitorului etc.

♦ Din acest punct de vedere, sistemele de recunoastere se clasifica in :

- sisteme dependente de vorbitor
- sisteme independente de vorbitor

♦ Alta dificultate : fonemele sunt diferite in vorbirea curenta fata de pronuntia izolata ; alaturate in cuvinte, caracteristicile acustice ale fonemelor se suprapun $\Rightarrow$ este dificila determinarea acelor caracteristici pe baza carora se face recunoasterea in vorbirea curenta

♦ Toate aceste dificultati impun modele statistice pt recunoasterea limbajului (modele statistice care fac presupuneri asupra cuvintelor si fonemelor auzite si perfectioneaza mereu aceste estimari, pe masura ce « aud » sunete noi)

♦ Ex : unele sisteme, antrenate cu vocea unui anumit vorbitor, pot recunoaste dictari de mii de cuvinte ; daca apare alt vorbitor, performantele scad dramatic

❑ Intelegerea semnificatiei mesajului din acele cuvinte (intelegerea vorbirii);

♦ Alaturi de recunoasterea cuvintelor si recunoasterea vorbirii, intelegerea vorbirii constituie o preocupare majora in domeniul inteligentei artificiale

♦ In acest sens, masina este dotata cu un minim de cunostinte pt a putea pricepe chiar si propozitii foarte simple

♦ Tehnicile de recunoastere a cuvintelor izolate, in general, nu sunt valabile si pt. vorbirea continua
♦ In acest ultim caz este necesara segmentarea frazei in cuvinte si efectuarea unei analize structurale si gramaticale a cuvintelor si propozitiilor
♦ Exista calculatoare care rezolva situatii simple privind intelegerea limbajului (ex : repartizarea telexurilor ce sosesc la banci)
♦ Rezolvarea acestei probleme are implicatii in cresterea productivitatii muncii, a realizarii unei comunicari directe om-masina intr-o forma convenabila
♦ S-au realizat si dezvoltat echipamente capabile sa asigure interpretarea mesajelor vorbite si echipamente care sa emita mesaje vorbite corespunzatoare informatiei care trebuie comunicata
♦ Comanda prin voce are atat aplicatii industriale cat si in alte sectoare (tehnica aero-spatiala, asistarea persoanelor cu handicap etc.)

c) *Rationament case (case-based reasoning)*
♦ Reprezinta tehnica in domeniul inteligentei artif. bazata pe percedent (tehnica de a invata computerele sa se foloseasca de cunoastere pt a obtine o noua cunoastere, de ex. prin deductie)
♦ Se creaza o baza de date pt a descrie situatiile anterioare si inregistreaza operatiunile efectuate in fiecare etapa
♦ La aparitia unei situatii noi, computerul incearca sa gaseasca o solutie noua, suficient de asemanatoare, in care sa fie valabile aceleasi operatiuni (utilizarea conceptului de similaritate)
♦ Tenologie utilizata cu succes pt a construi baze de date care sa-i ajute pe nou-veniti sa profite de cunostintele colegilor mai experimentati

d) *Inteligenta artificiala distribuita*
❖ Se pleaca de la ideea ca mai multe inteligente mici pot face mai mult decat o inteligenta mai mare
❖ Rezolva probleme mari prin fragmentarea lor in probleme mai mici si mai simple, fiecare fragment fiind repartizat spre solutionare unui agent separat
❖ In loc sa exploateze la maximum fiecare agent, incearca sa descopere modalitati de coordonare a activitatii agentilor specializati in directia negocierii, colaborarii si delegarii de responsabilitati
❖ Aplicatii: sistemele expert, retelele neuronale, algoritmii genetici, vederea artificiala, modelarea, planificarea
❖ Ex:
1. *Procesarea informationala* ⇒ programe care dau posibilitatea calculatorului sa inteleaga informatia scrisa sau vorbita ca apoi sa produca rezumate, sa raspunda intrebarilor specifice, sa redistribuie informatia catre utilizatori
2. Medicina ⇒ dezvoltarea de programe apte de a analiza anumite simptome si rezultate ale testelor de laborator pt a sugera un diagnostic medicului

A2. *Inteligenta naturala (IN) si artificiala (IA)*
✓Atribute ale inteligentei IA si IN: capacitatea de a rationa, a asimila, a obtine si aplica cunostinte, de a manipula si comunica idei, de a invata
✓In plus, la om ⇒ constienta (nu constiinta)
✓*Constienta* = o realitate obiectiva care descrie surplusul pe care omul il are peste inteligenta artificiala
✓ **IN = IA + Δ (IA)**
Omul = IA + constienta in care: **Δ (IA)** – influenta constientei asupra inteligentei omului
OBS:
- inegalitatea dintre IN si IA arata ca anumite aspecte privitoare la inteligenta umana nu pot fi explicate prin conceptele IA (ex: problema limbajului uman nu este pe depin clarificata)
- cercetari actuale ⇒ realizarea pe cale artificiala a cat mai multe functii ale Inteligentei Umane
- pe cand IN are putere de creatie, de inventivitate, IA poate manipula baze de date uriase, pot stapani analitic fenomene complexe

❖ *Arhitectura unei masini inteligente*

♠ MASINA = obiect manufacturat care interactioneaza cu mediul

♠MASINA INTELIGENTA (MI) = masina cu proprietati senzoriale, cu capacitate de planificare, recunoastere a formelor, capacitate de navigare, invatare; isi poate modifica comportarea pt a se adapta la mediu intern si extern

♠Masinile inteligente, capabile sa ia decizii in conditii de incertitudine, se deosebesc de masinile programate sa desfasoare operatii repetitive, capabile si ele de modificarea propriului comportament dar pe baza unor comenzi date de catre operatorul uman

♠MI interactioneaza cu mediul prin intermediul unor intrari (informatii, energie, material, actiunea mecanica a mediului asupra lor) sau prin intermediul unor iesiri (informatii, energie, actiuni ale masinii asupra mediului)

♠MI pot functiona conectate in cadrul unor sisteme (performantele globale sunt mai bune decat suma performantelor masinilor componente)

♠Mi pot opera autonom dar pot colabora cu operatorul

Tipuri de structuri de MI: $\begin{cases} ierarhizate \\ in \quad retea \\ multistrat \end{cases}$

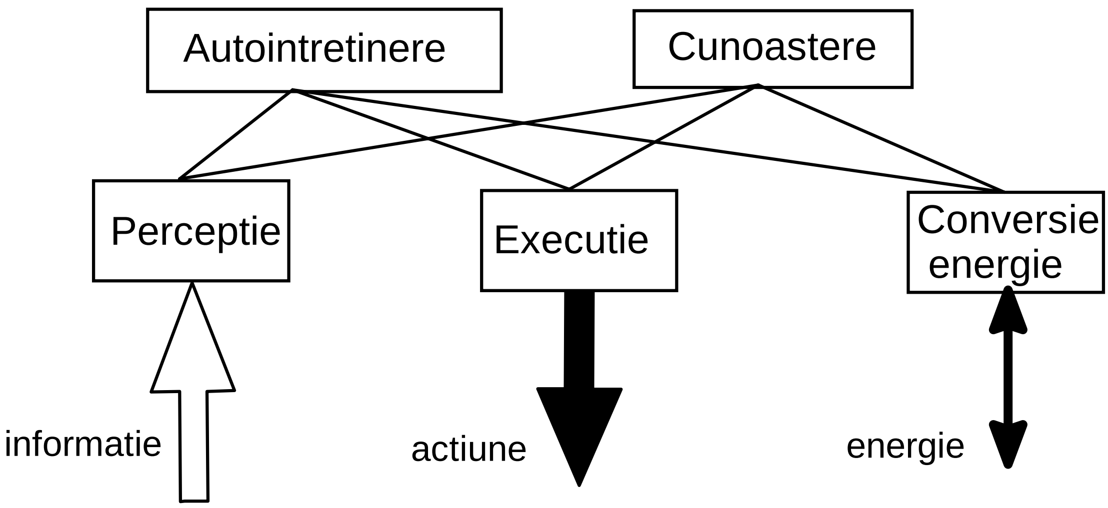


Fig. 3 – Arhitectura in retea a unei MI

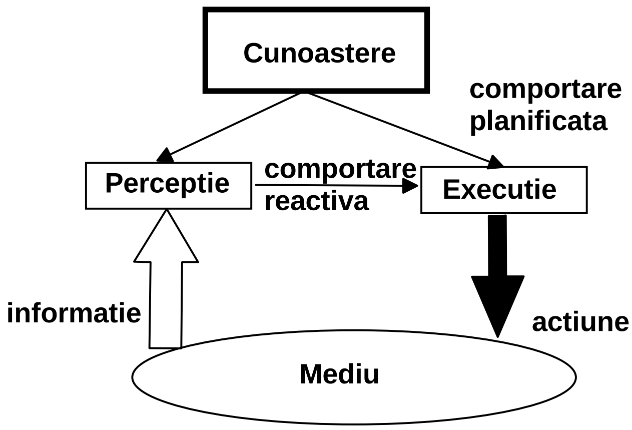
♠ Subsisteme de baza:

a) *Subsistemul de perceptie* ⇒ rol de a colecta, stoca, procesa si distribui informatii despre starea actuala a masinii si a mediului in care opereaza

b) *Subsistemul de cunoastere* ⇒ rol de a evalua informatiile colectate de subsist. de perceptie si de a planifica actiunile masinii

c) *Subsistemul de executie* ⇒ responsabil de desfasurarea tuturor actiunilor masinii, pe baza instructiunilor de la celelalte doua sisteme

Fig. 4 – Comportamentul planificat si reactiv



- Instructiunile primite de la subsist. de cunoastere determina comport. planif.
- Instructiunile primite de la subsist. de perceptie determina comport. reactiv (este predominant)

d) *Subsistemul de autointretinere* ⇒ rol de a mentine masina in conditii de functionare bune

- autointretinere preventiva (monitorizare intermitenta pt a preveni defectele)

- autodiagnostic (sesiseaza imediat defectele)
- autoreparare

e) *Subsistemul de conversie a energiei* ⇒ asigura energia necesara functionarii

- Componente fizice din aceste subsisteme: *senzori si traductori, microprocesoare, actuatori, retele de comunicatii, dispozitive de intrare/iesire, efectori finali, sursele de energie etc.*

❖ ***Functiile de baza ale unei MI*** (fig. 5)

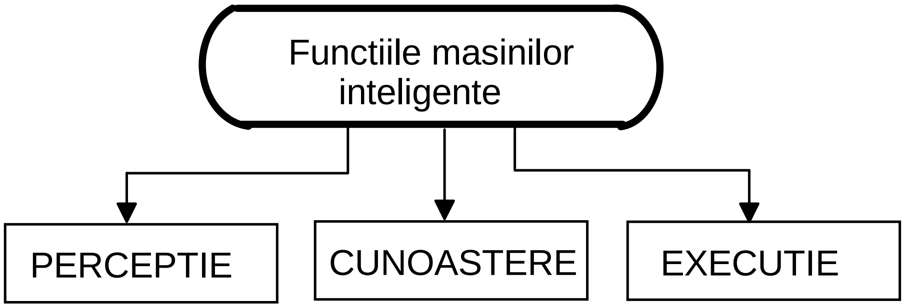


Fig. 5 – Functiile de baza ale unei M

Ex: *sistem de control al calitatii la iesirea unei masini automate de insertie a componentelor electronice*

- la iesirea acestei masini este instalat un sistem de control al calitatii bazat pe inspectie vizuala
- camera video observa placile la iesirea din masina; pe baza semnalelor primite de la camera se construieste o reprezentare interna a obiectului inspectat (metoda recunoasterii formelor si extragere de caracteristici); reprezentarea computerizata a placii este comparata cu reprezentarea placii corecte; daca rezultatul indica o incorectitudine sau o incertitudine se da comanda de eliminare a placii de pe linia de fabricatie; placile eliminate sunt reanalizate pt a diagnostica defectele; in final este comandat si realizat un raport tiparit cu privire la rezultatele analizei
- *subsist. de perceptie* (camera video) ⇒ observa placile si construieste reprezentarea interna a acestora
- *subsist. de cunoastere* ⇒ compara reprezentarea realizata de subsist de perceptie cu reprezent. corecta a placii , trimite comanda subsist, de executie pt a elimina placile incorecte, diagnosticheaza defectele si comanda realizarea unui raport tiparit privind rezultatele diagnosticarii
- *subsist. de executie* ⇒ asigura functia „trece – nu trece” pt placi si completeaza, arata, tipareste raportul comandat de subsist. de cunoastere

OBS: nu exista metode generale pt a determina granitele dintre perceptie, cunoastere si executie

A. PERCEPTIA

✓ ROL – asigura necesarul de informatii despre starea sistemului si a mediului in care opereaza acesta
- *Colectarea informatiilor* – senzori, traductori, sisteme de achizitie de date
- *Organizarea si pre-procesarea informatiilor*

Obs: multe solutii din tehnica sunt o materializare a unor medele privind perceptia din lumea vie

✓ Organismul uman este biosistem deschis, aflat intr-un permanent schimb de energie, substante si informatii cu mediul inconjurator

a) informatii din mediul extern:

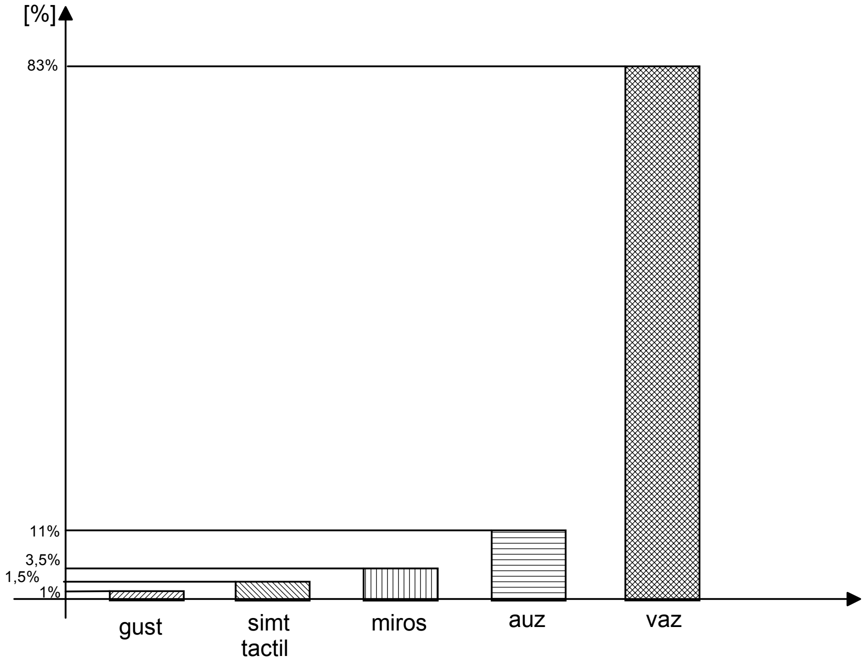


Fig. 1 - Ponderea informatiilor captate din mediu

b) informatii din mediul intern: *simtul kinestezic* (starea interna a organismului)

c) combinarea informatiilor din cele doua medii – *simtul stereognozic* (ex: recunoasterea, cu ochii inchisi, a unui obiect dupa forma, greutate si natura suprafetei)

Senzatie – recunoasterea constienta a unui stimul (un process elementar)

Perceptia – procesul de interpretare a senzatiei, de apreciere a caracterului senzatiei (un process complex)

Receptorii : - exteroreceptori (raspund la stimuli din afara organismului)
- interoreceptorii (raspund la stimuli din interiorul organismului)

OBS :
- raspunsul unui receptor biologic nu este de tipul "tot sau nimic" (stimuli puternici dau nastere la impulsuri frecvente iar stimuli slabi dau nastere la impulsuri rare)
- perceptia senzoriala la animale este are unele particularitati : sensibilitate diferentiata pentru radiatii infrarosii la animalele nocturne, sensibilitate pentru ultrasunete la liliac si foca etc.

❖ *Perceptia artificiala cu care sunt inzestrate sistemele tehnice determina cresterea flexibilitatii si performantei acestora insa este departe de a atinge complexitatea celei din lumea vie*

- Exemple de sisteme de perceptie artificiala : a) *sisteme de vedere artificiala*
  b) sisteme de perceptie sonora
  c) sisteme de perceptie tactila
- Etape ale perceptiei artificiale :
  - *transformarea marimilor ce constituie obiectul perceptiei in semnal electric* (etapa senzoriala)
  - *etapa de prelucrare primara sau procesare* (are loc prelucrarea senalului electric in vederea obtinerii unei reprezentari cat mai favorabila interpretarii informatiei)

- *etapa de prelucrare de nivel inalt* (informatia continuta in semnal este interpretata in diferite scopuri : clasificare, decizie, descrieie, inspectare, invatare)

✓ Pt functia de perceptie sunt utilizati:
- traductori (dispozitiv elementar, capabil, intr-un anumit domeniu de masurare, sa converteasca o marime fizica de intrare intr-o marime electrica de iesire; nu contine elemente de procesare, ci doar realizeaza conversia)
- senzori (dispozitive neelementare, in mod obisnuit bazate pe traductori, capabile sa converteasca o marime nelectrica in una electrica si sa o proceseze in concordanta cu un algoritm dat, cu scopul de a furniza un semnal la iesire usor interfatabil cu un sistem de calcul)

Obs: principala diferenta dintre traductor si senzor consta in faptul ca senzorul poseda si alte functii pe langa cea de conversie de energie

➢Senzori corespunzatori celor 3 tipuri de sisteme :

a) ***Senzori de vedere*** (fig. 2)

a 1) *senzori pasivi de vedere* (ex : cele care utilizeaza camere de luat vederi) – iluminarea naturala sau artificiala pot sa nu satisfaca, fiind prea slaba sau mai puternica

a 2) *senzori activi de vedere* – produc propria iluminare a obiectului vizat, iluminare adecvata necesitatilor

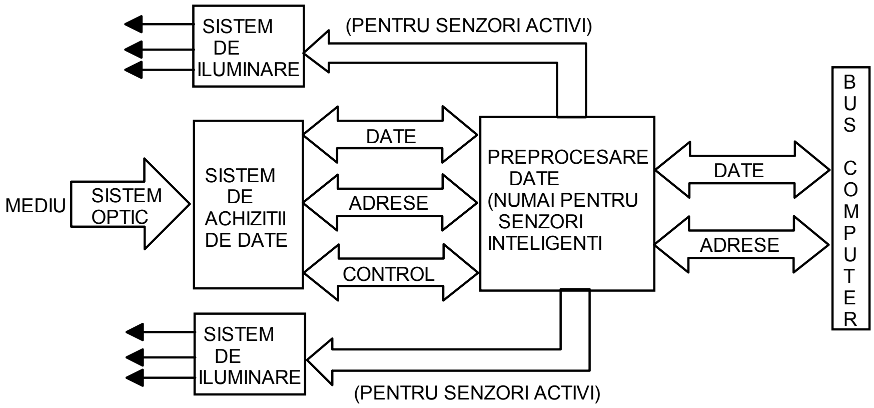


Fig. 2 – Schema bloc a unui senzor de vedere

Comentariu :
- este un senzor 2-D care se bazeaza pe traductori optici de tip matrice optica
- este binar, producand imagini a caror pixeli (pixel = elementul de imagine) pot lua doua valori logice („0” sau „1” corespunzator imaginii alb sau negru)
- imaginea completa este formata din totalitatea pixelilor (o serie de „0” si „1”) obiectele intunecate distingandu-se pe fond deschis (si invers)
- pentru recunoasterea formelor se utilizeaza programe specifice
- „invatarea” senzorului de a recunoaste obiecte se face prin memorarea unor caracteristici ale obiectelor (numar de gauri, dimensiuni, forma etc.)
- pot aparea erori de recunoastere (in special cand obiectele sunt foarte asemanatoare)

b) ***Senzori tactili***
- utilizati pentru detectarea si masurarea unei distributii de forte intr-un anumit spatiu (ex: roboti, proteze pentru handicapati etc.)
- prinderea si manipularea obiectelor fragile necesita o analiza a obiectului, fara a depasi o anumita limita, fata de prinderea obiectelor rigide

Exemple :

b1) *Senzor tactil rezistiv* – se bazeaza pe variatia rezistentei electrice a unui element rezistiv (fibre de carbon, elastomeri) ca urmare a deformatiei produse de forta aplicata

Comentariu:
- Masurarea variatiei rezistentei se face in plan vertical, rezistenta variind datorita micsorarii distantei dintre electrozii superiori si cei inferiori
- Valorile acestor rezistente se utilizeaza pentru obtinerea unei imagini spatiale a deformatiilor produse de forta F

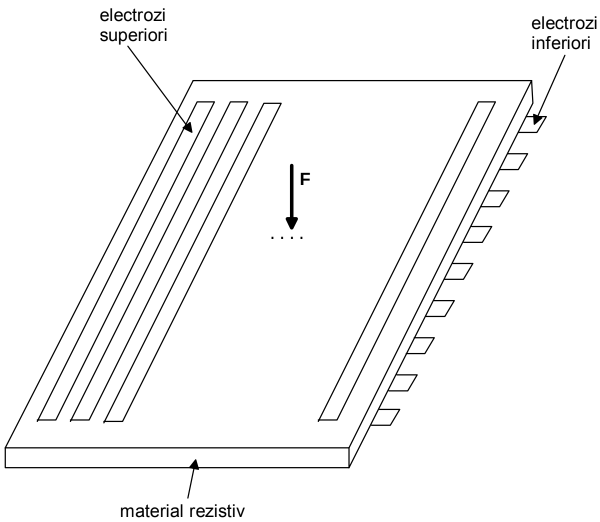


Fig. 3 – Senzor tactil rezistiv

b2) *Senzor tactil capacitiv* – se bazeaza pe variatia capacitatii electrice a unui elementcapacitiv datorita deformatiei produsa de forta aplicata (fig. 4)

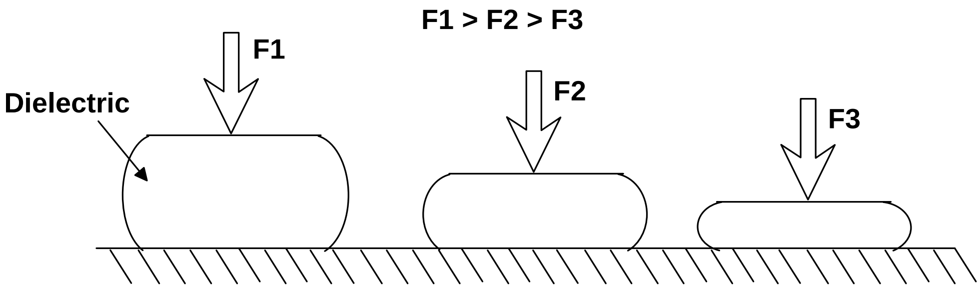


Fig. 4 – Senzor tactil capacitiv

b3) *Senzor tactil digital* (fig. 5)– constituit din capsule de siliciu in care patrunde mai mult sau mai putin un polimer sintetic (elastomer) sub actiunea presiunii tactile
- Deformatia mai mare sau mai mica a elastomerului este sesizata de electrozii de aluminiu depusi pe substratul de siliciu
- Semnalul de iesire este digital

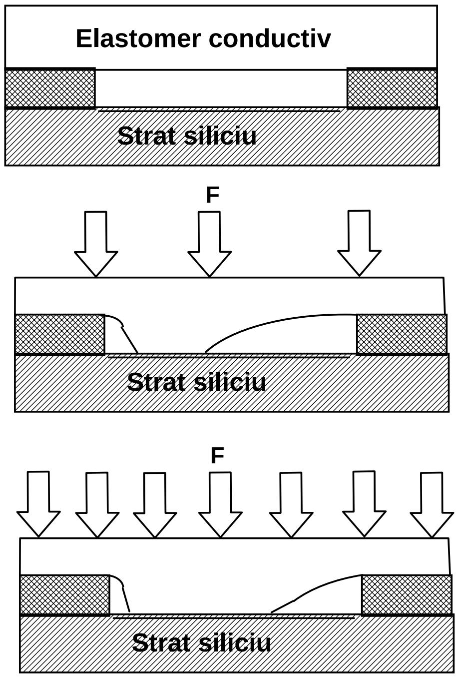


Fig. 5 – Senzor tactil digital

c) ***Senzori sonori***
- Se mai numesc si microfoane (transforma variatiile de presiune sonora direct in variatii de semnal electric sau in deplasari care, la randul lor sunt trans. in semnal electric)

c1) *Microfoane parametrice* (fig. 6) – introduc in circuit un parametru variabil (rezistenta sau capacitatea) functie de presiunea sonora

Comentariu:
- utilizat intelefonie si protezele auditive
- rezistenta de contact dintre granulele de carbune variaza in functie de presiunea acustica exercitata asupra lor prin intermediul membranei
- cele 2 contacte cu circuitul electric sunt carcasa, care este in contact cu membrana, si borna de contact

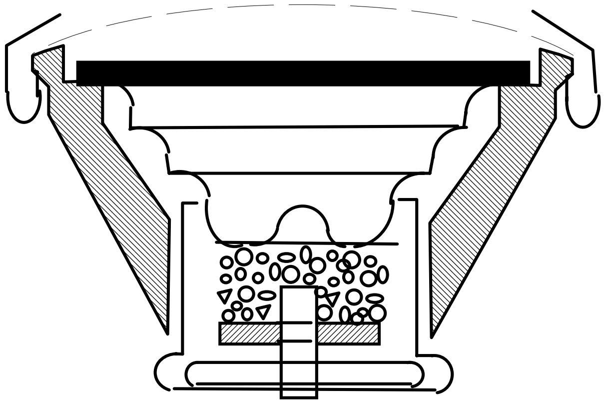


Fig. 6 – Microfonul cu carbune

c2) Microfoane de tip generator (fig. 7) – nu necesita surse de energie auxiliare; genereaza energie electrica fuctie de variatiile de presiune sonora

Comentariu:
- cristalele obtinute in urma procesului de cristalizare se taie lamele perechi din care se realizeaza elementul piezoelectric (ex. Material: titanatul de bariu)
- dimensiunile lamelelor: 0,15-0,20 mm grosime,1-4 cm^2 suprafata
- supus la eforturi mecanice, piezoelectricul genereaza sarcini electrice pe suprafata lui

Aplicatii: laringofoane, sondele microfon

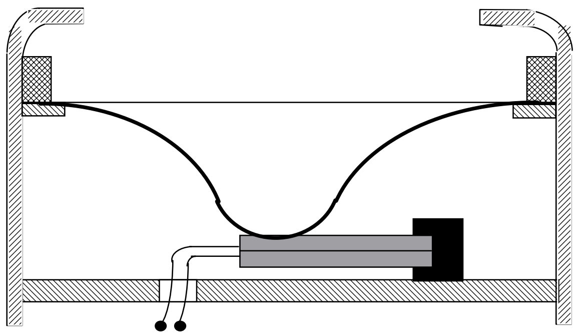


Fig. 7 – Microfon piezoelectric

A. SISTEME DE VEDERE ARTIFICIALE

Vederea artificiala – procesul de extragere, caracterizare si interpretare a informatiei din imagini, in spatiul bi- sau tridimensional

■ ***Etape***:
- *senzoriala* (obtin. reprezentarii imaginii sub forma unui semnal electric analog sau numeric)
- *prelucrarea primara* (tehnici de reducere a zgomotului din imagine si de evidentiere a detaliilor)
- *segmentarea* (procesul de separare a imaginii in zone de interes)
- *descrierea* (sunt evidentiate trasaturile esentiale care dau informatii necesare separarii unei clase de obiecte-zone, de alta clasa de obiecte)
- *recunoasterea* (sunt identificate si clasificate obiectele)
- *interpretarea* (multimii de obiecte necunoscute i se atribuie o anumita semnificatie)



Fig. 8 – Structura unui sistem de vedere artificiala

Comentariu:
- imaginea este convertita de catre traductorul de imagine (camera de luat vederi) in semnal analogic sau numeric
- blocul de prelucrare primara supune semnalul unor prelucrari pt a obtine o reprezentare imbunatatita a imaginii
- blocul de condensare a imaginii extrage din reprezentarea imbunatatita a imaginii niste <u>functii caracteristice</u> (trasaturi) sau niste <u>forme elementare</u> (primitive)
- blocul de recunoastere propriu-zisa realizeaza clasificarea, analiza sau interpretarea pe baza functiilor caracteristice sau a formelor elementare

✓ *Aplicatii ale sistemelor de vedere artificiala:*

<u>**OCHIUL BIONIC**</u> – *inlocuirea simtului vizual la persoanele cu disfunctionalitati de vedere*

a) pierderea vederii datorita distrugerii partiale sau totale a retinei ⇒ utilizarea ***retinei artificiale***

■ Aceasta este un microchip de siliciu, implantat in spatiul subretinal, conectat la nervul optic si contine celule fotosensibile si o retea de electrozi

■ Functionare:
- lumina si imaginile trec prin pupila si prin suprafata frontala a retinei artificiale si excita celulele fotosensibile
- celulele fotosensibile convertesc imaginea in impulsuri electrice, avand acelasi rol ca si celulele cu conuri si bastonase din retina naturala
- impulsurile, prin intermediul electrozilor, stimuleaza nervul optic

OBS: - o varianta a retinei artificiale utilizeaza si o camera video miniaturizata
- Retina artific. Realizata de compania optobionics este un chip de 3 mm diametru si grosimea de 0,02 mm; contine cateva mii de microfotodiode fiecare fiind prevazuta cu electrod pt stimularea celulelor functionale din retina naturala; nu are nevoi de baterii, energia fiind luata din lumina incidenta

b) afectat nervul optic ⇒ sistemul cuprinde o ***camera video***, un ***procesor de imagini*** si un set de ***electrozi implantabili*** la nivelul lobului occipital, pe cortexul vizual (fig. 9)
- camera video este conectata direct la cortexul vizual
- ochelarii sunt prevazuti cu camera video si cu un senzor de ultrasunete sau cu laser pt determinarea permanenta a pozitiei
- de aici se transmite un semnal mixt (video/pozitie) unui computer portabil
- acesta interpreteaza informatiile si le transmite mai departe unui electrod implantant pe lobul occipital
    - utilizatorul sistemului a fost capabil sa se orienteze prin camera, sa isi gaseasca palaria si sa citeasca textele tiparite cu un contrast corespunzator
    -

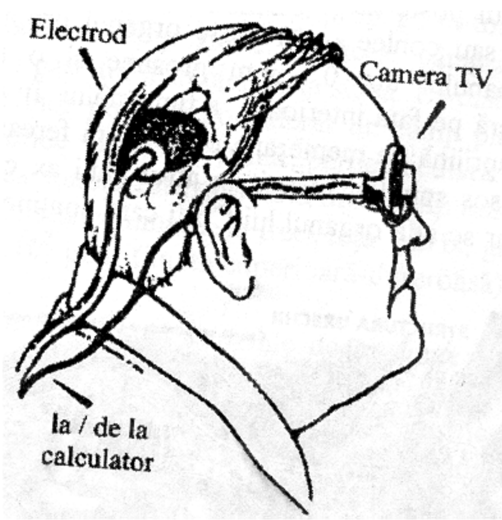


Fig. 9 – Sistem de vedere artificiala

B. SISTEME DE PERCEPTIE SONORA

- La inceputuri ⇒ tuburi si cornete
- 1900 – microfoane; 1950 – cu tranzistori; in prezent⇒ implantul cohlear

✓ Exemple:

1. <u>Proteza auditiva clasica</u> (fig. 10)– destinate cazurilor de surditate de transmisie (poseda un zgomot de fond care deranjeaza)

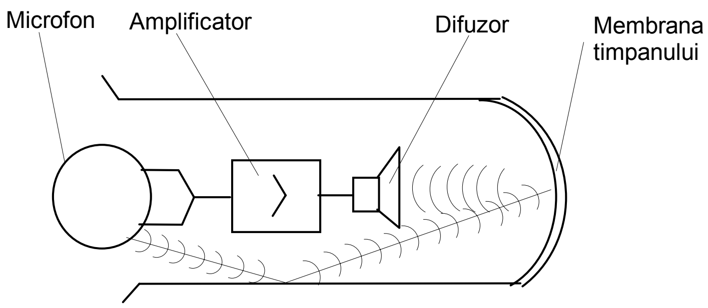


Fig. 10 – Principiul de lucru al unei proteze auditive obisnuite

2. <u>Implantul cohlear</u> (fig. 11) – stimuleaza nervul auditiv

■ Structura : exterior ⇒ microfon, procesor de vorbire, transmitator

Interior ⇒ implantul si electrozii

■ Functionare:

- sunetele detectate de microfon sunt transmise la procesorul de vorbire
- procesorul le analizeaza si le converteste intr-un semnal electric codificat
- semnalul prelucrat ajunge la transmitator, de la care, prin unde radio, la implant
- implantul decodeaza semnalul care contine informatii referitoare la intensitatea curentului pentru diferiti electrozi
- prin intermediul electrozilor sunt stimulate terminatiile nervoase

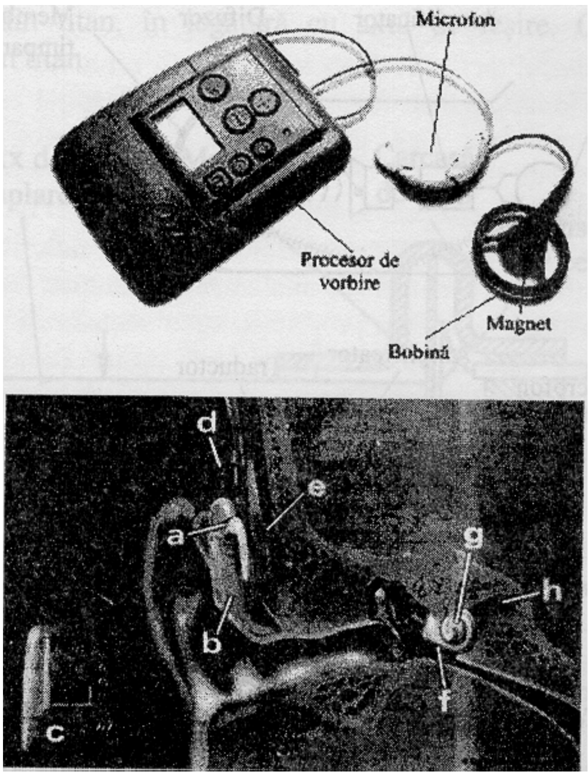


Fig. 11 – Elemente componente ale imlantului cohlear

3. Implantul TICA (fig. 12) – sunt eliminate dezavantajele celorlalte sisteme: calitate nesatisfacatoare a sunetelor, domeniu de frecvente limitat etc.

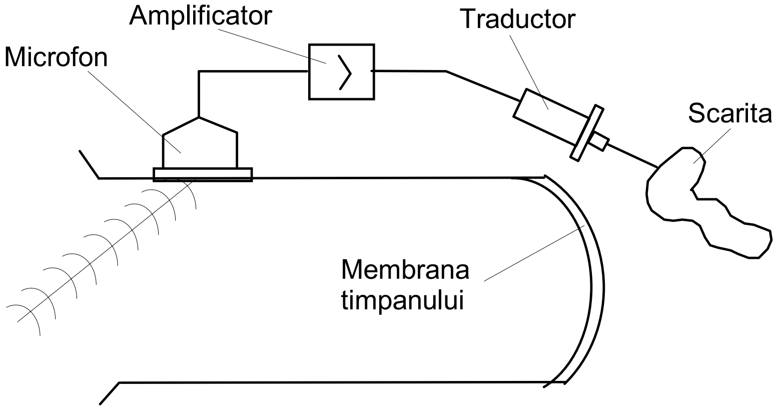


Fig. 12 – Principiul de lucru al unui implant TICA

Comentariu:

- la sistemul de protezare obisnuit, semnalul perceput de microfon este amplificat si transmis din nou ca sunet catre membrana timpanului; partial este reflectat, existand riscul aparitiei rezonantei si feed-backului acustic
- implantul TICA nu emite semnale amplificate ca sunete ci ca vibratii micromecanice, transmise sistemului auditiv printr-un traductor piezo, cuplat direct cu scarita si implicit, cu cohleea
- are un consum redus de energie si este total implantabil
- materialele utilizate sunt biocompatibile si biostabile

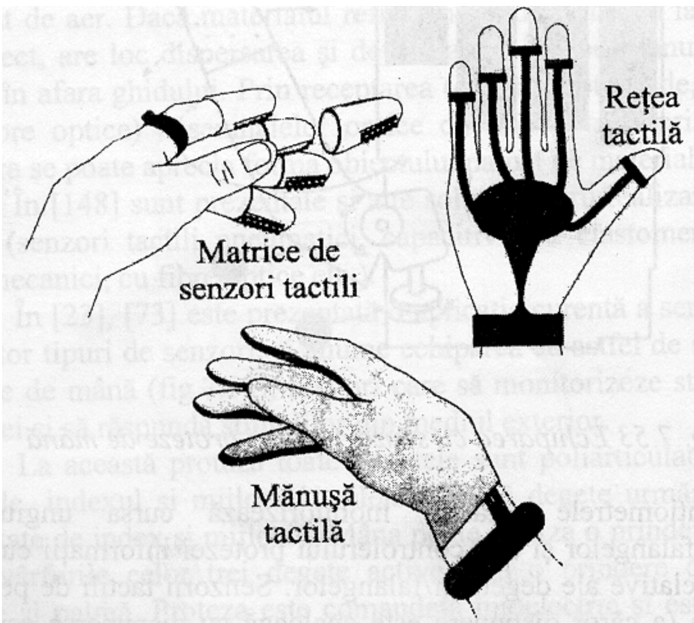
C. SISTEME DE PERCEPTIE TACTILA

- Tactil – presupune existenta unu contact fizic
- Senzorul tactil este folositor utilizat impreuna cu mijloace de locomotie pt a putea veni in contact cu obiectul explorat

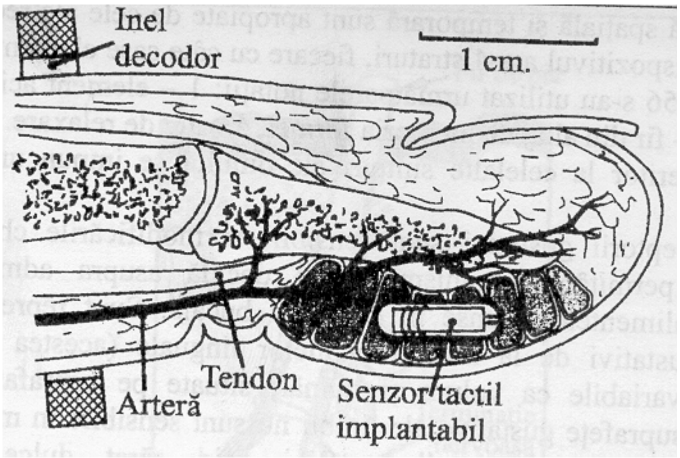
✓ Exemple

1. Pielea artificiala – alcatuita dintr-o matrice de senzori tactili capabili sa furnizeze informatii tactile pe o intreaga suprafata

2. Recuperarea simtului tactil cu senzori tactili (fig. 13)



(a)



(b)

Fig. 13 – Recuperarea simtului tactil

Comentariu:

a) Dispunerea senzorilor pe degete se face prin intermediul unei retele tactile sau a unei manusi tactile. Senzorii sunt dispusi in zonele in care mana sanatoasa prezinta receptori mai multi

- Dezavantaj: senzorii pot introduce unele restrictii la diferite forme de prindere
- Senzorii sunt de tip rezistiv, capacitiv, cu efect Hall etc.

-Dificultate: realizarea unei conexiuni directe, cat mai fiziologica, intre senzori si sistemul nervos central al utilizatorului

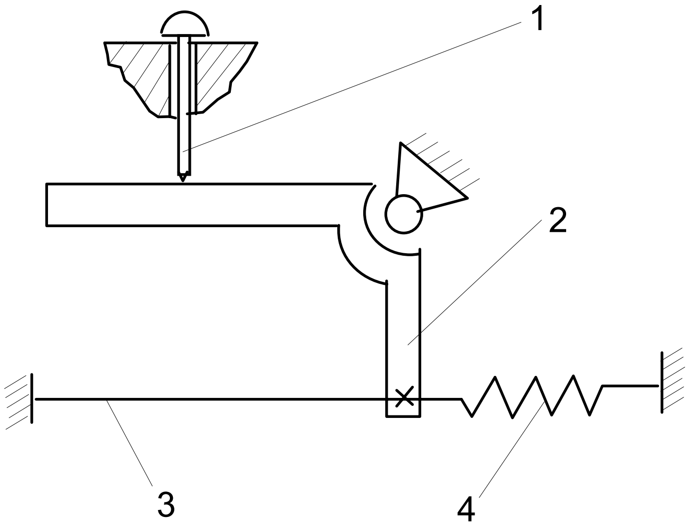
3. „Display tactil” (fig. 14)- asigura feed-back-ul tactil de la un robot (plasat la o anumita distanta) la operatorul uman

Comentariu :

- Forma obiectului in contact cu dispozitivul de prindere al robotului este sesizata de o retea de senzori tactili si apoi este recreata pe degetele operatorului de catre un „display tactil”
- Dispozitivul este alcatuit dintr-o retea de elemente de tip acicular, ridicate si coborate pt a aproxima o forma dorita, prin intermediul unui actuator din aliaj cu memoria formei, tip fir si o parghie pt amplificarea acesteia
- Dispozitivul are 4 straturi, fiecare cu cate 6 elemente mobile

1 – element acicular; 2 – parghie; 3 – fir din aliaj cu memoria formei; 4 – arc de relaxare

Fig. 14 – Display tactil



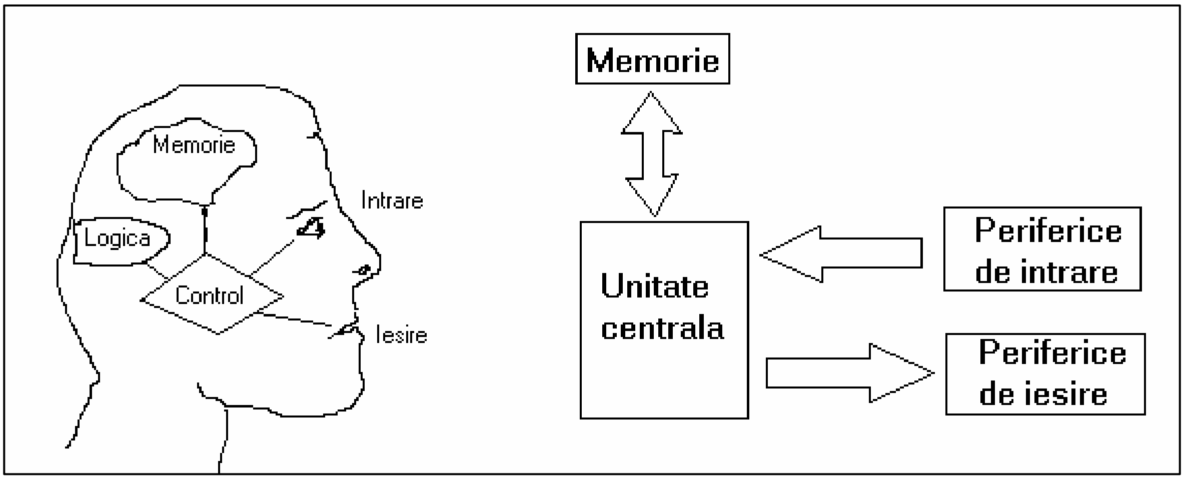
B. CUNOASTEREA

- ROL – planificarea si initierea actiunilor masinii pe baza informatiei asigurata de perceptie
- Termenul „cunoastere" - utilizat numai pt acele subsisteme ale masinii care pot lua decizii in conditii variate si incerte

ANALOGIA CREIER – COMPUTER (fig. 1)

- *Creierul* si *sistemul nervos* sunt sisteme structurate ierarhic ⇒ *sistemele computerizate inteligente* trebuie sa fie sisteme de multiprocesoare ierarhizate
- *Neuronul* (element de baza al creierului) functioneaza in mod asemanator computerelor, deciziile fiind luate folosind starea alternante on/off (prin prezenta sau nu a impulsurilor nervoase de un nivel minim), *sinapsele* (legaturile dintre neuroni) functionand ca porti logice

Fig. 1 – Analogia creier – computer



Obs:
- calculatorul are 5 componente hard fundamentale: unitate logica aritmetica, unitate de control, memorie, echipamente de intrare, echipam. de iesire asemanator cu structura creierului
- ochii = echipamentul de intrare; corzile vocale = echipam. de iesire, sist. nervos central = control, memorie, calcule logice
- structurate oarecum asemanator, creierul este mult mai lent (creierul proceseaza informatiile paralel in timp ce majoritatea operatiunilor din computer sunt secventiale)
- creierul uman este de 1000 ori mai dens in unitati functionale decat calculatorul
- marimea unui neuron este aprox. $0,5x10^{-7}$ cm^3 iar marimea unui circuit integrat este aprox. 10^{-4} cm^3

Tab. 1 Cracteristici ale creierului si computerului (comparatiiv)

Creirul uman	Computer digital
Lent	Rapid
Judecata intuitiva	Judecata deductiva
Estimare	Calcul exact
Perceptibil	Non perceptibil
Uituc	Memorie pe termen lung
Creativitate	Activitate repetitiva
Emotional	Non emotional
Memorie asociativa	Stocare si regasire a datelor
Invata	Trebuie programat sa invete
Electrochimic	Electronic

Obs:
- caracteristicile specifice numai creierului ⇒ perceptia, inventivitatea, gandirea abstracta, intelepciunea, flexibilitatea, gandirea asociativa, creativa, adaptiva
- una din componentele procesului de invatare al omului se bazeaza pe invatarea din greseli

SISTEME MECATRONICE
- PREZENTARE -

1. ROBOTUL INDUSTRIAL

➢ Este un exemplu reprezentativ de produs mecatronic ; utilizat in procesul de productie pt a realiza functii de manipulare analoage cu cele realizate de mana omului sau de a automatiza anumite secvente ale acestui proces

➢ Structural este un sistem ce se compune din 4 subsisteme (fig. 1) :

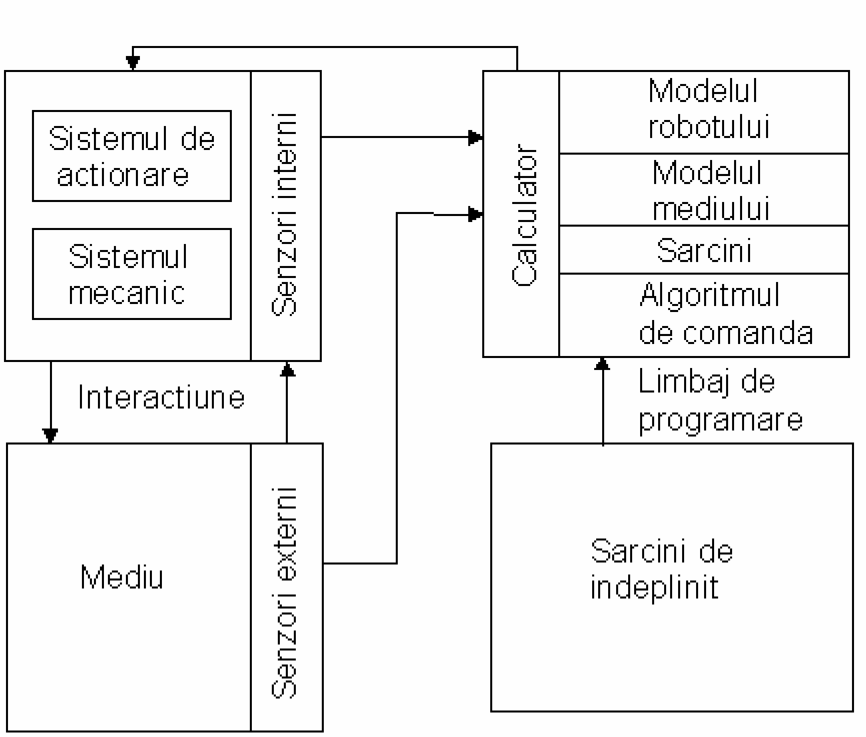


Fig. 1 – Schema bloc a unui robot industrial

▪ *Sistemul de conducere sau comanda* – are rolul sistemului nervos uman, de adaptare a starii interne a robotului la starea externa a mediului prin darea de comenzi sistemului de actionare, astfel stabilind succesiunea si durata miscarilor elementelor ce compun sistemul mecanic

▪ *Sistemul de actionare* - analog sistemului muscular uman, pune in miscare elementele sistemului mecanic pe baza comenzilor primite de la sistemul de comanda

▪ *Sistemul mecanic* – analog sistemului osos uman, asigura miscarile dorite obiectelor manipulate

▪ *Sistemul senzorial* – asemenea organelor de simt, transmite informatii despre starea interna si externa a robotului catre sistemul de comanda

Probleme fundamentale in studiul robotilor industriali:

A. Probleme de cinematica

A1**. **Problema cinematica directa – *stabilirea pozitiei si orientarii efectorului final* functie de parametrii θ_1 si θ_2 ai cuplelor cinematice conducatoare (relatiile 1 si 2 si fig.2)

$$x_2 = l_1\cos\theta_1 + l_2\cos(\theta_1 + \theta_2)$$
$$y_2 = l_1\sin\theta_1 + l_2\sin(\theta_1 + \theta_2) \qquad (1)$$

$$\bar{i}_2\ \bar{i}_0 = \cos(\theta_1 + \theta_2), \quad \bar{j}_2\ \bar{i}_0 = -\sin(\theta_1 + \theta_2)$$
$$\bar{i}_2\ \bar{j}_0 = \sin(\theta_1 + \theta_2), \quad \bar{j}_2\ \bar{j}_0 = \cos(\theta_1 + \theta_2) \qquad (2)$$

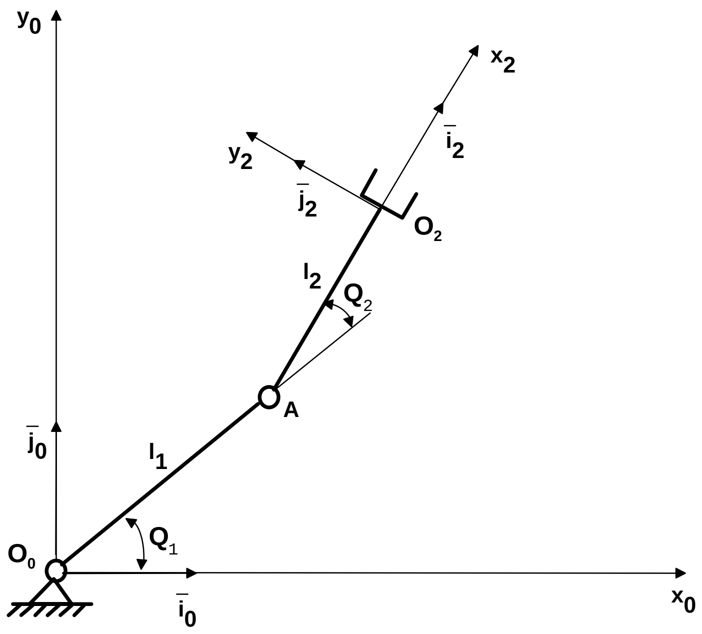


Fig. 2 – Sistemele de coordonate

Derivand relatiile (1) se obtine legatura dintre viteza si parametrii cinematici ai cuplelor conducatoare

$x_0O_0y_0$ – sistem de coordonate atasat bazei robotului

$x_2O_2y_2$ – sistem de coordonate atasat sculei

A2. Problema cinematica inversa – <u>*determinarea parametrilor θ_1 si θ_2*</u> cand se cunoaste pozitia si orientarea efectorului final

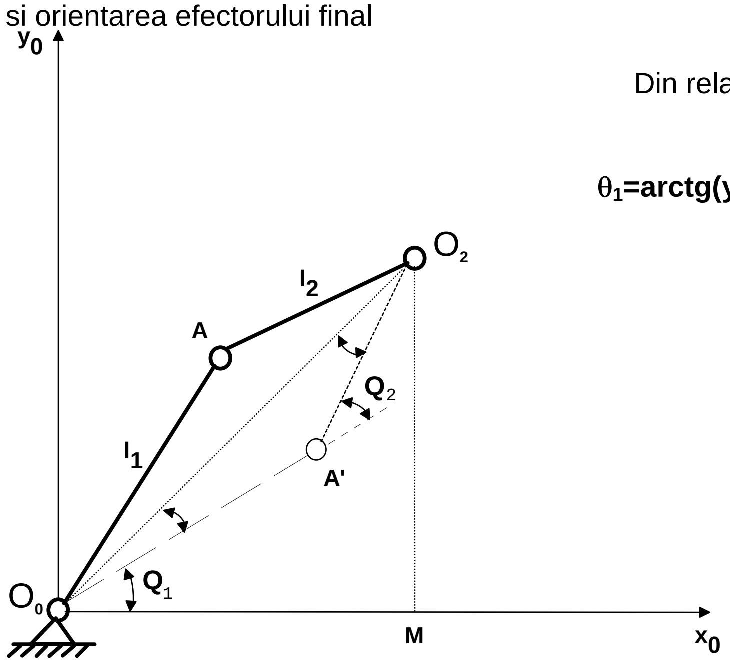


Fig. 3 – Pozitii simetrice fata de O_0O_2

Din relatii geometrice rezulta:

$$\theta_1 = \mathrm{arctg}(y_2/x_2) - \mathrm{arctg}[(l_2 \sin\theta_2)/(l_1 + l_2 \cos\theta_2)]$$

B. Problema dinamica

Are scop scrierea ecuatiilor de miscare pe baza carora se determina raspunsul dinamic al elementelor din componenta la ntului cinematic la impulsurile transmise prin cuplele cinematice motoare

B1. Problema dinamica directa – (fig. 4)

B2. Problema dinamica inversa – (fig. 4)

$M_1(t)$, …., $M_n(t)$ - momentele din cuplele cinematice
$q_1(t)$, …., $q_n(t)$ – coordonatele generalizate specifice delasarilor din cuple

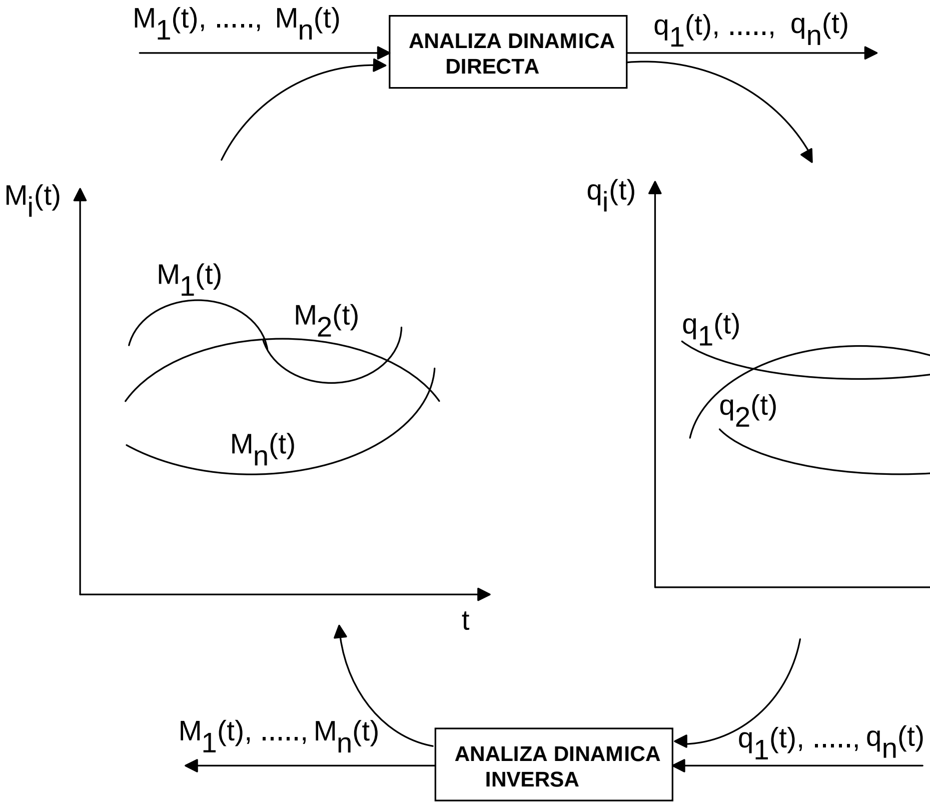


Fig. 4 – Analiza dinamica directa si inversa

Discutie :

- analiza dinamica inversa este importanta pentru comanda si programarea robotului, putandu-se astfel determina impulsurile de intrare pentru a obtine la iesire impulsurile dorite

2. TEHNICA DE CALCUL

✓***Sistem de calcul*** – un dispozitiv care lucreaza automat, sub controlul unui program memorat, acceptand si prelucrand date in vederea producerii de informatii
✓Alaturi de unitatea de calcul fac parte din sistem si echipamente pt introducerea, extragerea si stocarea datelor
✓Schema bloc a unui sistem de calcul cu cele 3 functii de baza : *transferul, stocarea si prelucrarea datelor*

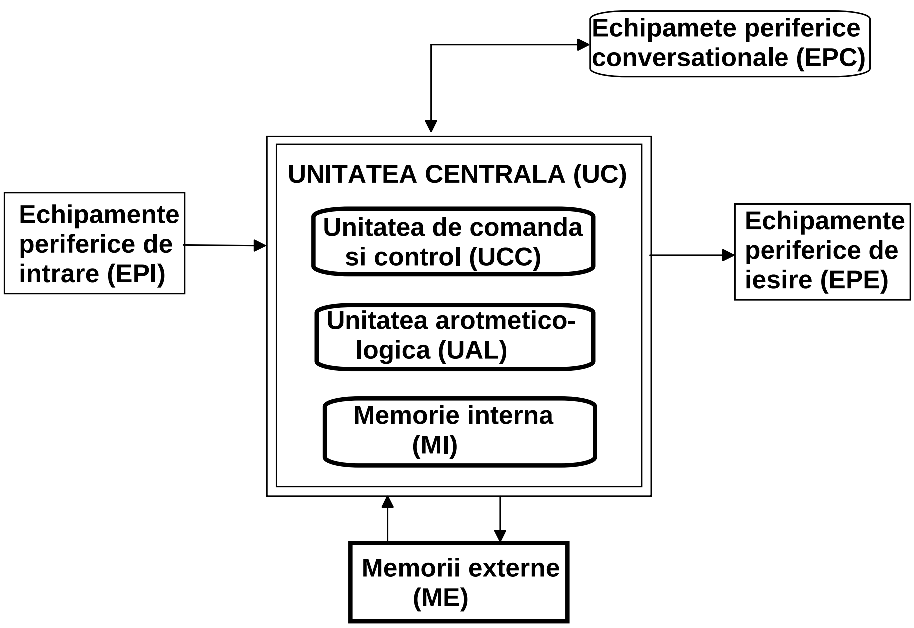


Fig.5 – Schema bloc a unui sistem de calcul

UC – coordoneaza activitatea sistemului
UUC – examineaza succesiv instructiunile, interpreteaza fiecare instructiune iar pe baza interpretarii transmite comenzi catre celelalte componente ale sistemului
UAL – unitate de prelucrare, operatiile fiind aritmetice si logice (booleene)
MI – memorie operativa, pastreaza datele si instructiunile in vederea executarii programelor in UC
EPI – introducerea sau citirea informatiilor si inregistrarea lor ; preiau date de la utilizator pe care le transforma in informatii prelucrabile de catre un dispozitiv numeric (cititoare de banda magnetica, discuri magnetice, tastaturile, scannerele etc.)
EPE – utilizate pt extragerea si inscriptionarea informatiilor pe support (imprimante, plottere, monitoare etc.)
ME – utilizate pt a mari capacitatea de memorarea sistemului de calcul (unitati pt banda magnetica, unitati pt discuri mahnetice flexibile sau rigide etc.)
OBS :
- mai exista si echipamente de intrare-iesire (I/O) care asigura conversatia intre operator si calculator (mouse, joystick s.a.)
- echipamentele fizice din fig. 5 alcatuiesc partea de HARDWARE a sistemului
- ansamblul de programe, procedee si reguli necesare functionarii sistemului constituie partea de SOFTWARE
- caracteristicile echipamentelor periferice sunt constructiv-functionale (determinate de functia, structura si modul de realizare) si caracteristici externe (sau de interfata, care definesc relatiile cu celelalte componente ale sistemului de calcul)

ΕΧΗΙΠΑΜΕΝΤΕ ΠΕΡΙΦΕΡΙΧΕ

2.1 HARD-DISCURI
Rol – stocarea informatiei pe suport magnetic

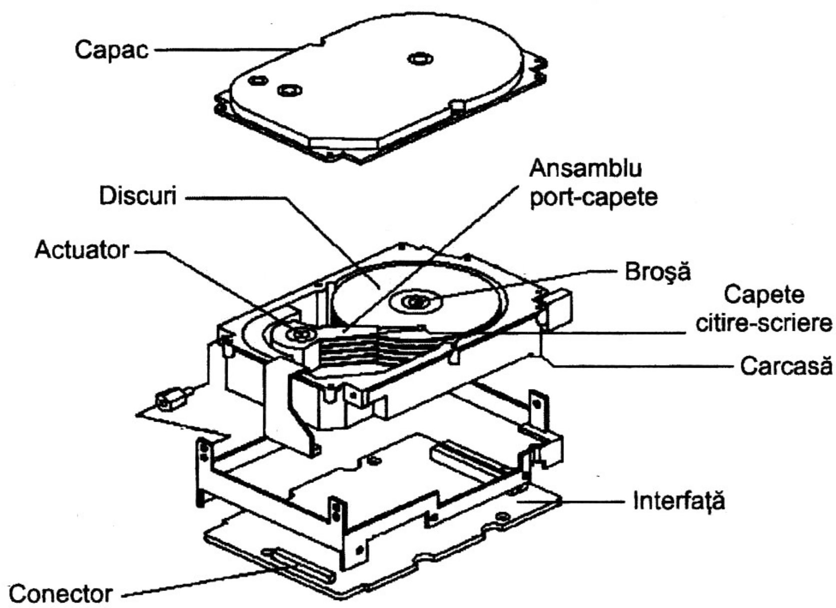


Fig. 6 – Componentele principale ale unui hard disc

Comentariu:
- discurile au diametrul de 3,5”; 2,5”; 1,8” sau 1,3”, de grosime ~1mm, sunt rigide si sunt montate pe brosa
- initial s-a folosit ca material de baza aluminiu sau aliaje ale acestuia, in prezent se utilizeaza un amestec de sticla cu ceramica (MemCor), stabil la temperatura si mai rigid; peste acest material se depune un strat activ cu proprietati magnetice (oxidul gamaferic γFe_2O_3 , oxidul feric cu cobalt, filme metalice pe baza de nichel realizate prin galvanoplastie sau depunere in vid si acoperite cu un strat de carbon pt protectie in ggrosime de 0,76-0,068 μm)

- fiecare fata a discului contine informatii si are propriul cap de citire/scriere, capetele fiind montate pe un suport tip pieptene si se deplaseaza de la exteriorul discului spre interior cu ajutorul unui actuator
- capetele nu ating suprafata discului ci plutesc pe o perna de aer creata de rotatia discurilor

Organizarea informatiei (fig. 7) – pe piste concentrice impartite in sectoare egale (512 octeti); sectoarele apar in urma formatarii
- la scriere, cand bobina din componenta capului de citire / scriere este strabatuta de un curent de un anumit sens (fig. 8), particulele din stratul activ se aliniaza in sensul campului magnetic; astfel, iau nastere doua stari, corespunzatoare lui 0 sau 1 in cod binar
- la operatia de citire procesul este inversat

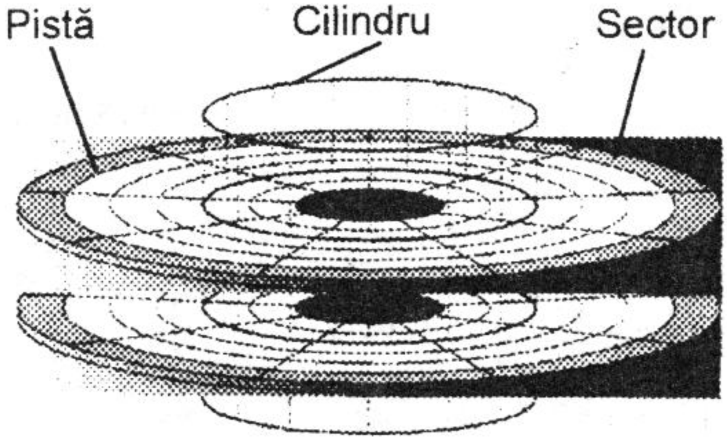


Fig. 7 – Organizarea informatiei pe disc

Pozitionarea capetelor de citire/scriere

a) cu avans radial
b) cu avans tangential – inertie mai mica, timp de acces redus, precizie ridicata

• Actuatorul:

- *motor pas cu pas* – transmisia de la motor la carul port-capete este realizata astfel incat un pas al motorului sa corespunda avansului cu o pista a capului magnetic (banda metaliza pt avans tangential si pinion cremaliera pt avans radial)
- *actuator Lorentz* – este utilizata forta electromagnetica (ca si in cazul difuzorului); bobina este atrasa sau respinsa de magnetul permanent antrenand si capul

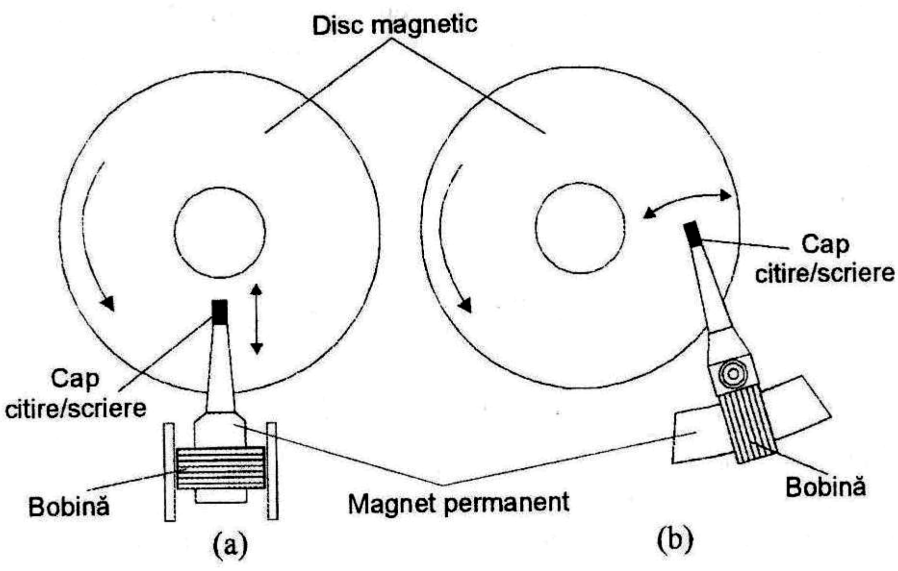


Fig. 8 – Variante de pozitionare a capetelor de citire/scriere

2.2 UNITATE DE BANDA MAGNETICA (Fig. 9)
- informatiile sunt inregistrate pe piste, in lungul benzii
- au in structura lor subansamblele: de fixare si antrenare a rolelor; capetele magnetice si lantul de citire-scriere; realizare a rezervei tampon de banda; de antrenare a benzii.

Ex: *unitate de cartus de banda magnetica utilizata ca memorie externa*

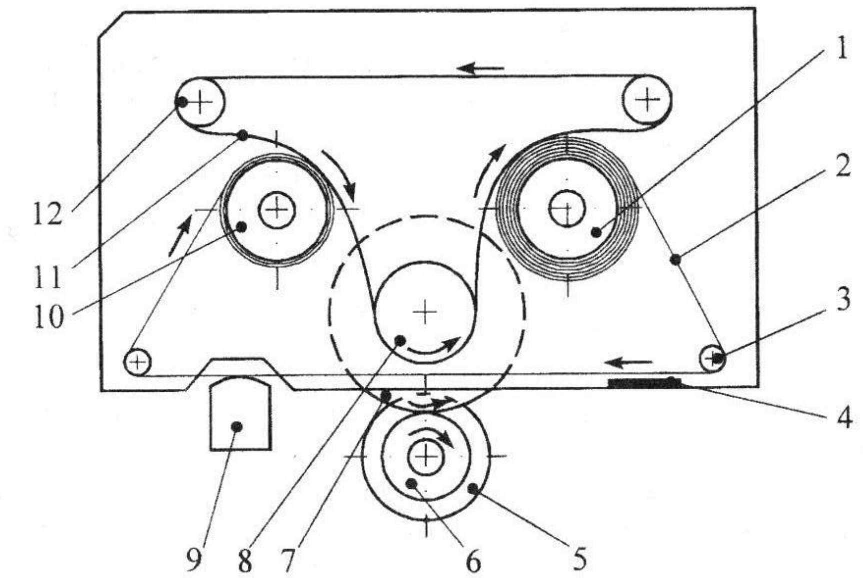


Fig. 9 – Structura cartusului cu banda magnetica

Comentariu:
Banda magnetica 2 (cu 1,2 sau 4 piste longitudinale) este antrenata ed cureaua izoelastica 11, antrenata la randu-i prin rola de frictiunet de catre rola motoaRE 6. Viteza de deplasare a benzii este const, cu tensiuni f. mici .
1 – rola ebitoare; 3 – role de ghidare; 4 – sistem de curateire a benzii; 5 – motor pt antrenarea benzii; 8 – rola de curea; 9 – cap magnetic; 10 – rola acceptoare; 12 – role de ghidare a curelei.

2.3. UNITATE DE CD (COMPACT DISC)
CD-DA (Compact Disk Digital Audio) si CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)
Difera numai prin prelucrarea diferita a semnalelor rezultate in urma citirii CD-lui
- Structura CD (fig. 10):

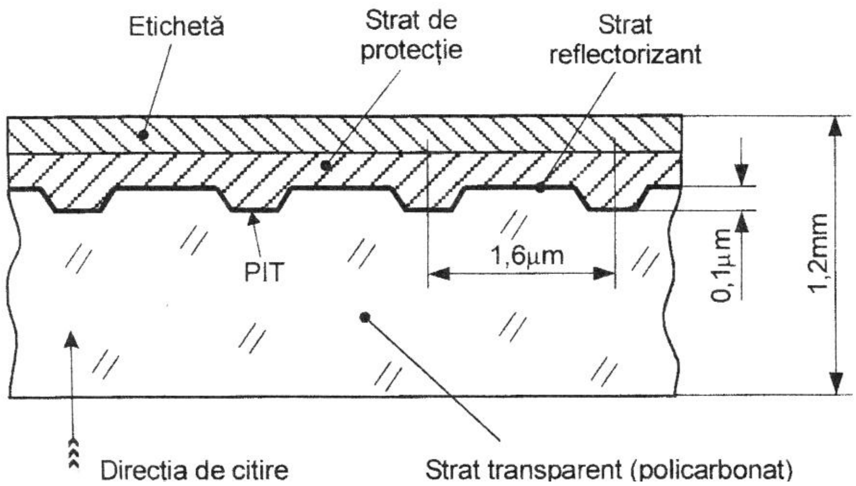
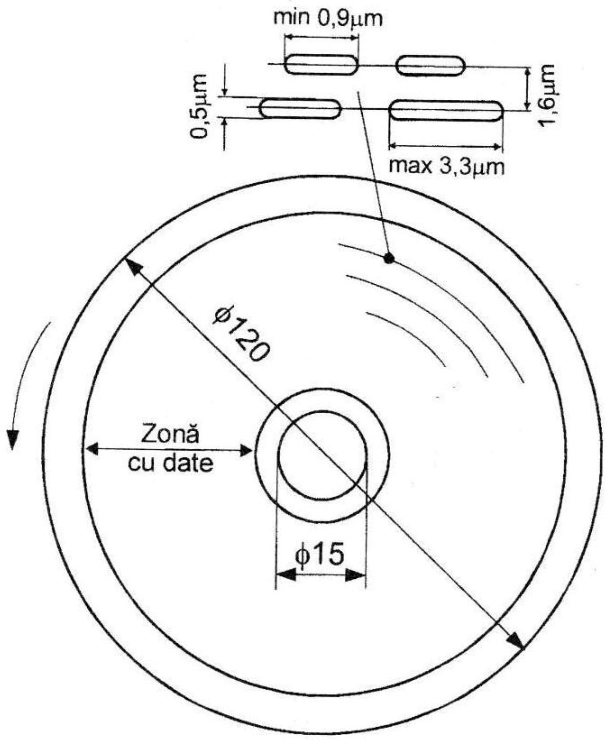


Fig. 10 – sectiune prin CD

Comentariu:
- dimensiunile standardizate: diametrul = 120 mm; orificiu central de 15 mm; grosime = 1,2 mm
- inregistrata o singura fata
- inregistrare consta dintr-o succesiune de cavitati (pit) realizate pe una din fetele CD; acestea sunt despartite intre ele si dispuse pe suprafata discului sub forma unei pite in spirala

- cavitatile sunt percepute din directia de citire ca mici ridicaturi cu inaltimea de 0,11 μm, adica λ/2 din lungimea de unda a razei lasr cu care se face citirea
- lungimea ridicaturilor si pauzele cu care acestea alterneaza sunt limitate la 9 valori formate din 3....11 unitati de 0,29 μm (min. 0,9 μm, max. 3,3 μm).
- latimea ridicaturilor este 0,5 μm iar distanta intre piste de 1,6 μm (fig. 11)



- zona de inregistrare a datelor este un inel cu latimea de 33 mm
- pe aceasta suprafata sunt dispuse 20.000 piste cu $6x10^9$ ridicaturi, lungimea spiralei fiind de 5,4 km

Fig.11 – Organizarea informatiilor pe CD

• *UNITATI PENTRU CD*
- formatul standard pt CD impune citirea a 75 sectoare pe secunda (un sector avand 2048 octeti, rezulta o viteza de citire – rata de transfer- de 150Kb/s, numita viteza standard = 1x)
- la CD-ROM, spre deosebire de cele audoi, citirea datelor nu depinde de timp ⇒ posibila cresterea vitezei de citire prin marirea turatiei discului (pana la 70x)
- spre deosebire de HDD, datele nu sunt fragmentate ci se gasesc pe sectoare continue de-a lungul pistei in spirala
- unitatea de CD-ROM roteste discul cu o turatie variabila, functie de pozitia pe care o ocupa cititorul optic
- citirea datelor se face cu o viteza constanta de 1,4 m/s, indiferent de locul de pe CD
Structura interna a unitatii de CD (fig. 12):

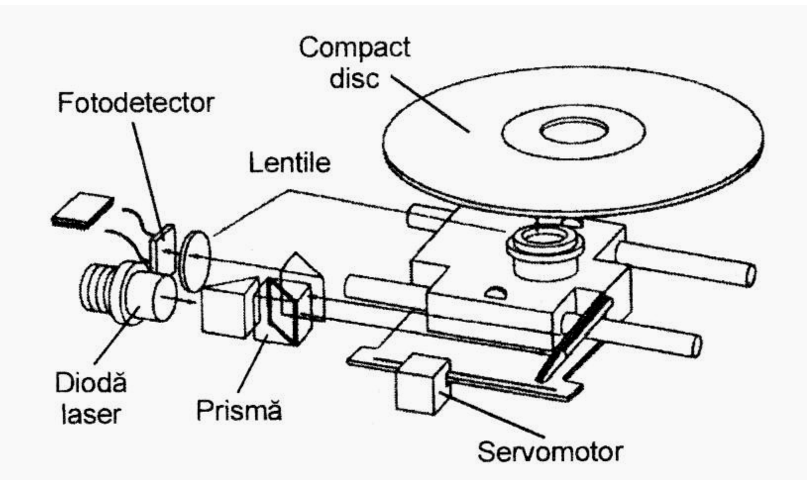


Fig.12- Structura interna a unitatii pt CD

Comentariu:
- pt a accesa o zona cu date, cititorul optic se deplaseaza in apropierea locatiei respective, se pozitioneaza pe pista si apoi focalizeaza raza laser in vederea citirii
- reflexiile fasciculului laser sunt captate de un element fotodetector, decodificate, corectate si transformate in semnale digitale

Pt citirea corecta a unui CD-ROM sau CD-DA, elementele mobile ale unitatii trebuie sa execute urmatoarele miscari:
- incarcarea unitatii de CD (discul introdus in unitate si ozitionat)
- rotirea discului cu o turatie variabila (asigurarea vitezei constante) pt a asigura derularea aceleiasi lungimi de pista in unitatea de timp prin fata capului optic
- deplasarea uniform liniara a capului de citire pe una din razele discului dinspre interior spre exterior, miscare simultana cu rotirea discului, din combinarea lor rezultand traiectoria sub forma de spirala
- corectia focalizarii (corectia erorilor de urmarire a pistei – traking), miscari in plane perpendiculare realizate de un dispozitiv, atasat cititorului optic, numit pozitioner
- descarcarea discului – discul este scod din pozitia de functionare

OBS: toate aceste operatii sunt realizate de srvosisteme controlate de un microprocesor (fig. 13):

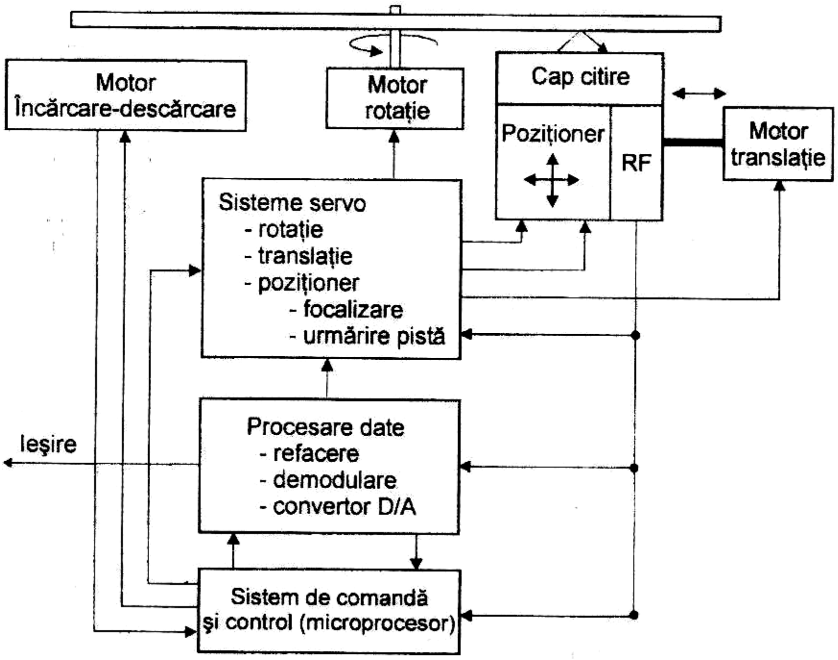


Fig.13 – Schema bloc a unei unitati pt CD

-1995 au aparut DVD-ul (Digital Video Disc); este un CD de capacitate si viteza mai mare, stocand atat informatie audio si video cat si date numerice

2.4. UNITATE DE DISCURI FLEXIBILE (FLOPPY- DISK) (FIG. 14)

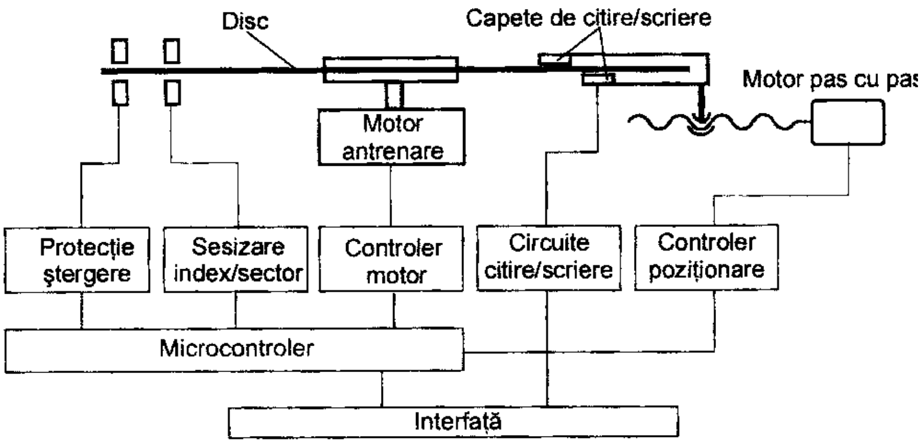


Fig. 14 – Schema structurala a unitatilor pt Floppy-disk

Comentariu:
- la realizarea discului se utilizeaza ca suport de baza materialul *mylar* acoperit cu un strat cu proprietati magnetice (oxid de fer sau amestec de fer cu cobalt)
- organizarea informatiei ca si la HDD
- au 2 capete de citire/scriere (cate unul pt fiecare fata) complexe (un cap de citire/scriere este centrat intre doua capete de stergere pt a evita aparitia interferentelor intre piste, operatia de citire/scriere efectuata de primul cap fiind urmata ed o „stergere tunel" a marginilor pistei

- capetele magnetice sunt montate pe doua lamele elastice, fiin permanent in contact cu suprafata discului magnetic
- blocul capetelor este antrenat in miscare ed translatie cu ajutorul unui motor pas cu pas si a unei transmisii surub-piulita (totul conceput astfel ca la un pas al motorului deplasarea capetelor sa fie egala cu distanta intre doua piste consecutive)

OBS: aparitia dischetelor de 3 ½ inch de 120Mb numite LS-120 (combinarea tehnologiilor utiliazte la CD-ROM cu cele de la dischete)

2.5. ECHIPAMENTE DE IMPRIMARE SI TRASARE

Structura generala a unei imprimante:

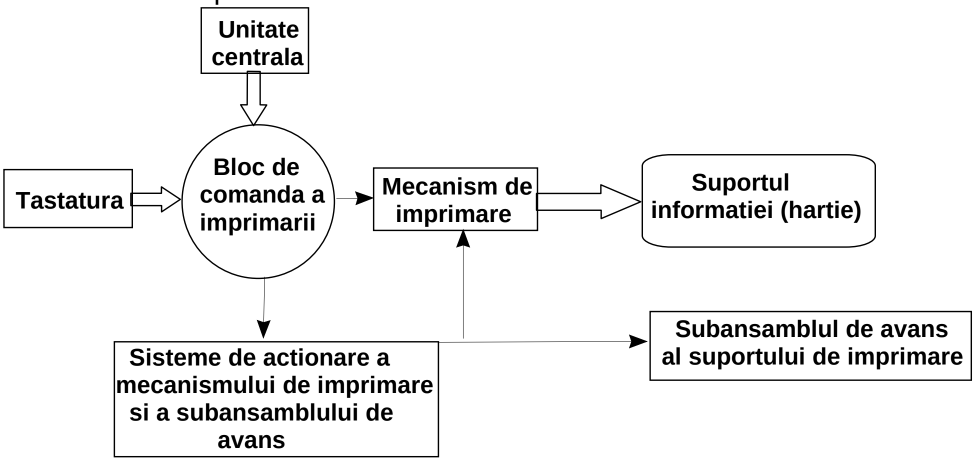


Fig. 15 – Structura generala a unei imprimante

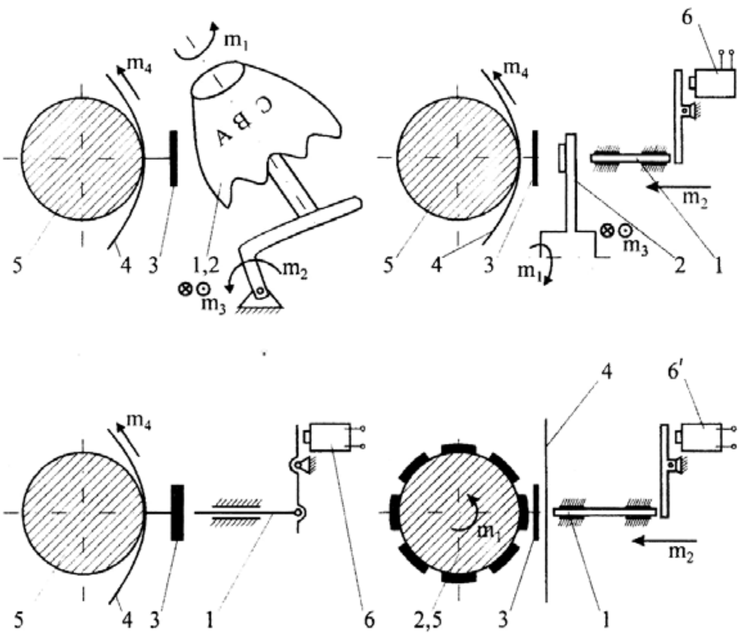
Comentariu:

- blocul de comanda transforma informatiile primite de la unitatea centrala sau de la tastatura, in comenzi necesare actionarii celorlalte mecanisme, coreland miscarile intre ele
- mecanismul de imprimare are in structura un suport al caracterelor sau un subansamblu ce genereaza caracterele
- subansamblul de avans al suportului de imprimare asigura deplasarea acestuia cu viteza si precizia ceruta, sincronizat cu procesul de imprimare; o interfata realizeaza legatura cu unitatea centrala

• ***Exemple de diferite tipuri de imprimante:***

a) Imprimante prin impact

1 – corpul de impact; 2 – suportul colorantului; 3 – suportul cu caractere; 4 – hartia; 5 – reazemul hartiei; 6 - electromagnet



m_1 – miscare de selectare a caracterului de pe suportul cu caractere
m_2 – miscare pt realizarea impactului
m_3 – miscarea suportului cu caractere, de generare a unui rand de caractere
m_4 – miscarea de avans a hartiei

Fig. 16 – Scheme structural-functionale ale imprimantelor prin impact

b) Imprimante fara impact (termice, cu jet de cerneala, electrostatice, electrofotogragice etc.)
Avantaje: durata de viata mai mare, viteze de imprimare mai mari, zgomot redus
Dezavantaje: unele necesita hartie speciala, nu permit realizarea simultana a mai multor copii
b1) imprimare termica:

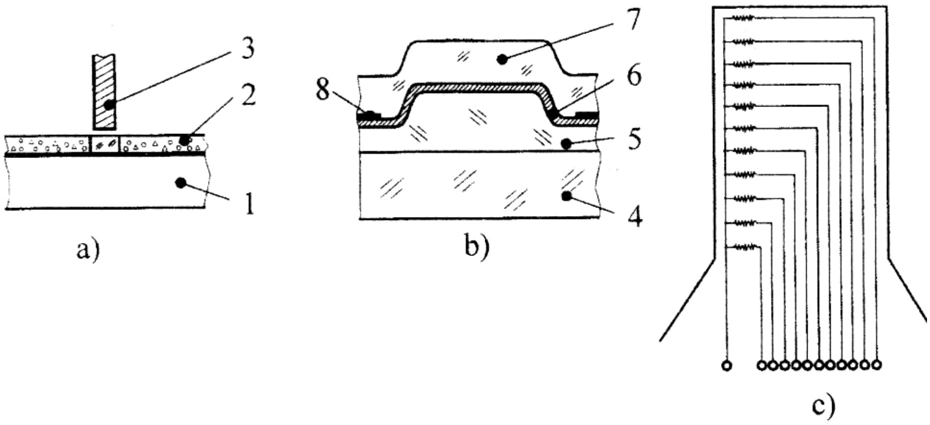


Fig.17 - Metoda de imprimare termica

Comentariu:
Elementele de impresionare sunt rezistente, prin intermediul carora se realizeaza o temperatura ridicata in hartie sau in imediata ei apropiere
-daca fenomenul este termofizic, se utilizeaza o hartie multistrat; odata cu cresterea temperaturii, un pigment din stratul intermediar migreaza spre cel superficial, colorandu-l
-daca fenomenul este termochimic, atunci hartia1 este acoperita cu stratul 2, format din doi compusi termoreactivi (fig. 17a); initial, acest strat este opac dar sub influenta caldurii generate de rezistenta 3 cele doua componente reactioneaza, stratul 2 devenind transparent, fiind in contrast cu hartia 1, colorata, de sub ea.
-fig. 17b – structura capului de imprimare realizat prin depuneri succesive de straturi subtiri urmate de configurari ale acestora
1 – strat de baza din Al_2O_3 de puritate 99,9% cu grosimesw 900 μm; 2 – strat izolator termic din SiO_2 cu grosimea de 60-70 μm; 3 – rezistenta peliculara din TaAl, cu grosime de 0,08 μm; 4 – strat din Al_2O_3 pt protectie impotriva uzurii chimice si mecanice cu grosime in jur de 10 μm; 5 – conductori din Al;
- aplicarea unor tensiuni cuprinse intre 100 si 400 V, in impulsuri de20.... 30 μsec, temperatura in zona de contact cu hartia ajunge la 300^0C
- fig 17c – schema de dispunere a rezistentelor, in coloana, la imprimantele termice serie

b2) Imprimare cu jet de cerneala (Bubble Jet)

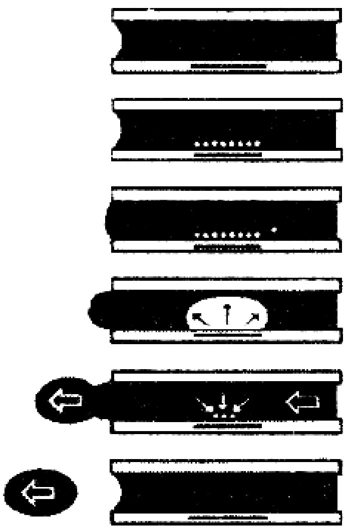


Fig. 18 – Principiul de imprimare Bubble-Jet

Comentariu:
Cerneala este incalzita rapid in diuza capului de imprimare, se formeaza bule de aer care se dezvolta, explodeaza si astfel expulzeaza cerneala din diuza, in acest timp o noua cantitate de cerneala patrunzand in diuza

b3) Imprimare electrofotografica cu fascicul laser

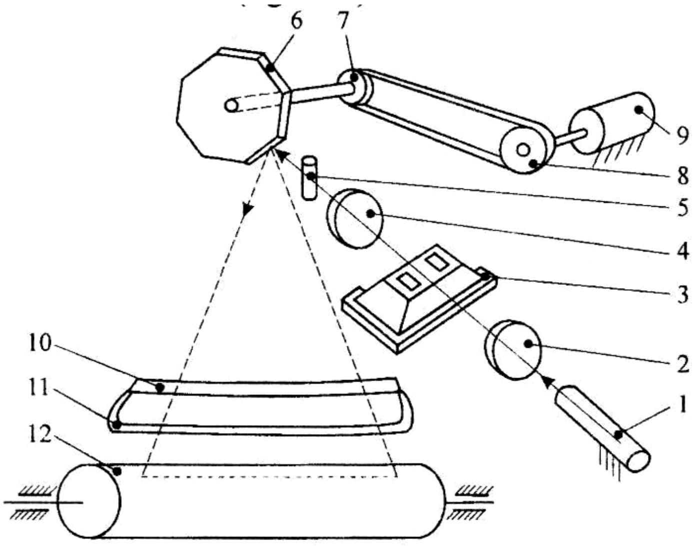


Fig. 19 – Generarea cu fascicul laser a imaginii virtuale la imprimantele electrofotografice

Comentariu:
- are la baza incarcarea electrostatica diferentiata, prin expunere la lumina, a unui suport intermediar (tambur sau cilibdru) fotoconductor
- imaginea latenta a caracterelor astfel obtinuta este developata prin acoperire cu toner apoi transferata pe hartie si fixata
- toate acestea au loc in timpul miscarii continue a suportului fotoconductor
- raza generata de laserul 1 este focalizata de obiectivul 2 catre modulatorul acustico-optic 3; la iesirea din modulator raza trece prin obiectivul4, este ingustata de lentila 5 si ajunge pe una din fetele prismei rotitoare 6; fiecare fateta a acesteia contribuie la impresionarea luminoasa a unei linii de pe cilindrul 12; prisma este antrenata ed motorul 9 si transmisia cu curea 7-8; raza reflectata de fiecare fateta a prismei este trimisa in lentila toroidala 10 (prin care se compenseaza erorile de paralelism ale suprafetelor reflectante fata de axa prismei); obiectivul 11 focalizeaza razele pe generatoarea tamburului acoperit cu material fotoconductor 12; prisma are 12 si 16 fete si turatii de la 20000 la 70000 rot/min;

b4) Plotere – genereaza imagini grafice
Ex: ploter electrostatic

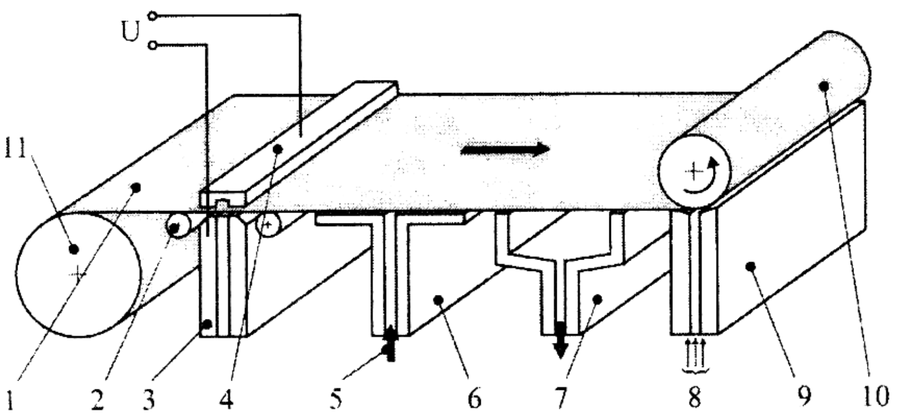


Fig. 20 – Schema structural-functionala a ploterelor electrostatice

Comentariu:
-se incarca electrostatic diferentiat chiar hartia si nu un suport intermediar
-imaginea virtuala, din sarcini electrice, devine vizibila dupa ce este pusa in contact cu o substanta de tonare care se fixeaza pe portiunile incarcate electrostatic ale hartiei

1-hartie; 2-role (tamburi) de ghidare; 3-electrod de impresionare (cap de trasare); 4-placa superioara electrod; 5-toner lichid; 6-statie de tonare; 7-put ed vacuum; 8-jet de aer; 9-subansamblu de uscare; 10-tambur acceptor de hartie; 11-tambur receptor de hartie

2.6. ECHIPAMENTE PERIFERICE CONVERSATIONALE

• Utilizate pt a indica pozitia si orientarea, pt a selecta unelement de display etc. (mouse, joystiick, tableta grafica, ecran sensibil, creion optic, scanner0

Exemple:

a) Mouse-ul

Rol – asogura controlul deplasarii unui cursor grafic pe ecran

- Datele pot fi transmise unitatii centrale prin fir sau ubde radio
- Variante constructive : cu carcasa mobila, cu carcasa fixa, combinat
- Functie de modul de convertire in semnale electrice a miscarii mouse-ului pe o suprafata: mecanic, electromecanic, optomecanic, optic, piezoelectric, inductiv, inertial etc.

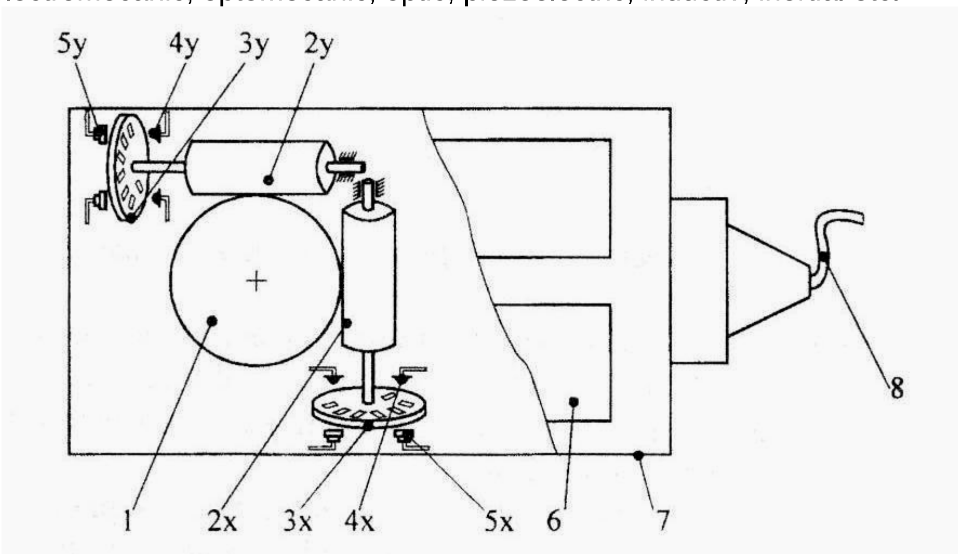


Fig. 21 – Schema unui mouse optomecanic

1 – bila; 2_x , 2_y – elemente pt transmiterea prin fictiune a miscarii; 3_x, 3_y – discuri cu fante; 4_x , 4_y – leduri, 5_x , 5_y – elemente fotoreceptoare (fototranzistori), 6 - butoane; 7 - caracasa

b) Joystick

- ca si mouse-ul, permite controlul deplasarii pe ecra
- descompunerea miscarii pe cele doua directiise face prin intermediul a doua potentiometre
- antrenarea se realizeaza prin intermediul unei parghii articulate
- poate fi incorporat langa taste sau poate fi independent, legat prin cablu la unitatea centrala
- utilizat la jocuri si sitsteme de instruire

2. MECATRONICA AUTOMOBILULUI

2.1 GENERALITATI

• Importanta economia si sociala, impactul asupra mediului ⇒ o atentie deosebita imbunatatirii performantelor functionale

• 1980 – Programul Prometeu (program comun european de cercetare)⇒ obiective pana in 2010:

- cresterea sigurantei in exploatare cu 30%
- eficientizarea traficului cu 20%

• Abordarea mecatronica a facut posibile solutii la aceste deziderate: controlul navigatiei, imbunatatirea vizibilitatii pe timp de noapte sau pe ceata, sistem de evitare a coliziunilor, sistem automat e parcare, afisarea indicatiilor instrumentelor de bord pe parbriz etc.

• Tendinta: *conceperea de sisteme informationale si integrarea lor in produse prin retele de transmitere a datelor*

Ex: sistemul de management al automobilului (*integreaza toate functiile de monitorizare si control, altadata independente, cum ar fi controlul injectiei e combustibil, servodirectia, controlul temperaturii motorului, detectarea obstacolelor, controlul transmisiei etc*.)

• Creste cantitatea de software integrat (1983 – nu exista, 1990 – 60 kb, 2000 – de ordinul Mb) care creste mult valoarea nou adaugata a produselor, mai rentabila decat productia e calculatoare individuale

• Strategia producatorilor de automobile: au mers pe aceasta directie (colaborari cu producatorii de echipamente electronice)

Ex: sistemul RACS (Road-Automobile Comunication Systems) – ofera conducat. Auto informatii cu privire la trafic, starea vremii, afisarea traseului dorit, ghidarea spre o anumita destinatie, rezervarea si plata locului de parcare si a taxelor de drum etc.

Obs: *un element de baza in aceste sisteme integrate (mecanica-electronica-informatica) sunt **senzorii***

2.2 SENZORII IN TEHNOLOGIA AUTO

• *La automobilul clasic*: sunt in nr. limitat; utilizati pt controlul vitezei,indicator nivel ulei si ombustibil, indicator al presiunii uleiului, al temperaturii lichidului de racire ⇒ afisare pe indicatoarele de bord

• *Automobilul modern* ⇒ cuprinde cat mai multi senzori conectati la un sistem controlat de un microprocesor, capabil sa efectueze corecturile necesare functionarii optime

Tab. 1 – Principalele tipuri de senzori incorporati instructura unui automobil modern

Parametru fizic	Aplicatie	Tipul senzorului
Pozitie	Pozitia pedalei de acceleratie Pozitia clapei de inchidere Pozitia schimbatorului de viteze Pozitia valvei Supapa hidraulica a schimbatorului de viteze	Potentiometru Potentiometru Intrerupator cu came Potentiometru Optic incremental
Gaz de esapament	Oxigen evacuat (ardere incompleta)	Senzori cu dioxid de zirconiu
Temperatura	Temperatura mediului Temperatura lichidului de racire Temperatura motorinei Temperatura aerului in conducta de aspiratie Temperatura aerului evacuat	Termistor Termistor Termistor Film metalic sau semiconductor Termocuplu CrAl
Presiunea	Presiunea aerului in conducta de aspiratie Presiunea aerului evacuat Presiunea barometrica absoluta	Capacitiv sau membrana de silicon Capacitiv sau membrana de silicon Membrana de silicon

	Presiunea uleiului	Transformator diferential cu membrana
Debit de aer	Debitul aerului in conducta de aspiratie	Contor cu paleta au anemometru cu fir cald
Acceleratia	Accelerare sau franare	Accelerometru piezoelectric sau servo
Viteza unghiulara	Viteza in viraje	Giroscop cu laser, efect Coriolis
Turatia	Turatia arborelui cotit Turatia rotilor	Radar cu ultrasunete, senzori cu reluctanta variabila Efect Hall, tahogenerator

- Module ce fac parte din sistemul mecatronic automobil:
    - managementul motorului;
    - managementul transmisiei;
    - sistemul de franare;
    - managementul sasiului (suspensia activa);
    - sistemul de climatizare;
    - sistemul de reglare adaptiva a farurilor;
    - sistemul de siguranta etc.

EXEMPLE:

a) Controlul puterii motorului

- Deoarece masurarea deplasarilor unghiulare ale arborilor este dificila, efectul variatiei pozitiei pedalei de acceleratie poate fi cunoscut prin variatia momentului la axul motorului sau prin variatia presiunii gazelor.
- Presiunea gazului poate fi masurata prin intermediul unui traductor cu membrana de silicon si elemente piezorezistive (fig. 1)

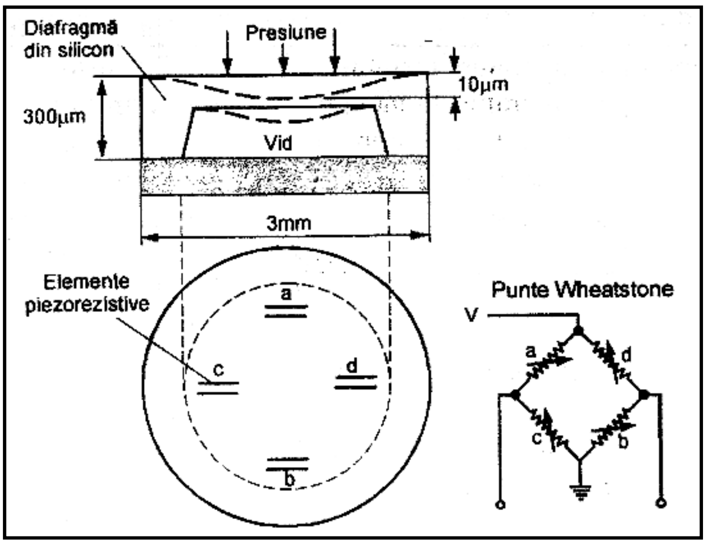


Fig. 1 – Traductor pentru masurarea variatiilor de presiune

- Elementele piezorezistive produc, in urma variatiei de presiune, un potential electric; sunt sensibile la modul de aliniere

- Utilizarea a patru asemenea elemente intr-un singur traductor face posibila formarea unei punti Wheatstone $\Rightarrow$ tensiunea de iesire direct proportionala cu variatia presiunii

b) Controlul aprinderii

ROL : controlul in bucla inchisa a aprinderii in scopul reglarii momentului aprinderii cand s-a obtinut amestecul corect de oxigen si vapori de combustibil (se realizeaza o ardere completa $\Rightarrow$economie de combustibil, reducerea noxelor)

- ca element de referinta se ia pozitia arborelui cotit
- printre altele, se folosesc senzorii pe baza efectului Hall
- o solutie mai eficace dar mai scumpa, agreata in Uniunea Europeana, este utilizarea convertoarelor catalitice pt reducerea poluarii
- pt sesizarea pozitiei arborelui cotit se utilizeaza senzori cu reluctanta variabila, amplasati deasupra unei roti dintate, la o distanta de 0,6 mm (fig. 2)

• *Functionare:*

La trecerea dintilor prin dreptul senzorilor se produce modificarea fluxului magnetic ⇒ o tensiune electromotoare la iesire, functie de care se calculeaza viteza rotii

- utilizarea senzorilor Hall : acuratete mai mare, distanta mai mare intre roata si senzor, detectarea vitezelor f. Mici

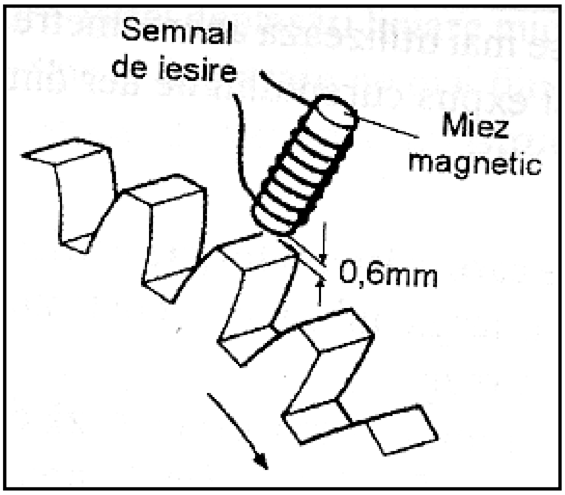


Fig. 2 – Senzor cu reluctanta variabila

c) Controlul debitului de aer
- Masurarea debitului de aer prin galeria de aspiratie este importanta in controlul arderii combustibilului
- Se realizeaza cu ajutorul unui contor cu paleta (fig. 3)
- Deplasarea masei de aer prin conducte are ca efect oscilatia unei palete legata de cursorul unui potentiometru; tensiunea obtinuta la bornele potentiometrului este proportionala cu deplasarea paletei
- Se mai utilizeaza anemometre cu fir cald, la care un fir de platina este incalzit si expus curentului de aer din conducte

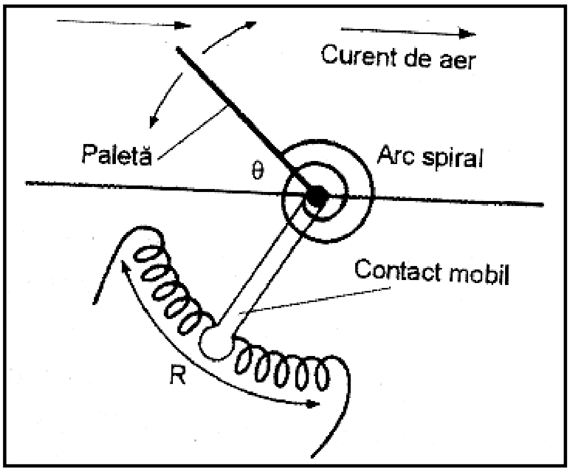
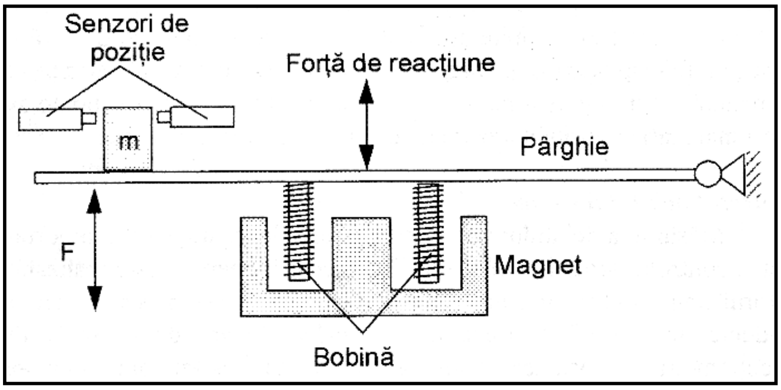


Fig. 3 – Masurarea debitului de aer

d) Accelerometre
- Acestea masoara fortele verticale si orizontale rezultate in urma acceleratiei
- Aplicatii : controlul suspensiilor, franelor, sistemului de directie si airbag
- Se utilizeaza senzori pe baza de cristale piezoelectrice si/sau accelerometre servo (fig. 4)
- Deplasarea unei mase m cu miscare accelerata, este sesizata de un sistem optic; pt a anula aceasta deplasare se aplica o forta de reactiune
- Curentul electric necesar pt producerea acestei forte este proportional cu acceleratia

Fig. 4 – Accelerometru servo



e) Senzori de pozitie fara contact
Avantaj: evita frecarile, asadar uzura

Transformator liniar diferential (fig.5)
- are o infasurare primara si 2 infasurari secundare (separate si in opozitie de faza)
- miezul feromagnetic se poate deplasa in interiorul acestei bobine
- daca miezul este fix, tensiunile din cele 2 infasurari secundare sunt nule
- fctie de deplasarea miezului iau nastere tensiuni in cele 2 infasurari, proportionale cu marimea deplasarii
- se pot masura dplasari liniare mici (in domeniul deplas. mari proportionalitatea nu mai este pastrata)
- exista varianta si pt masurarea deplasarilor unghiulare

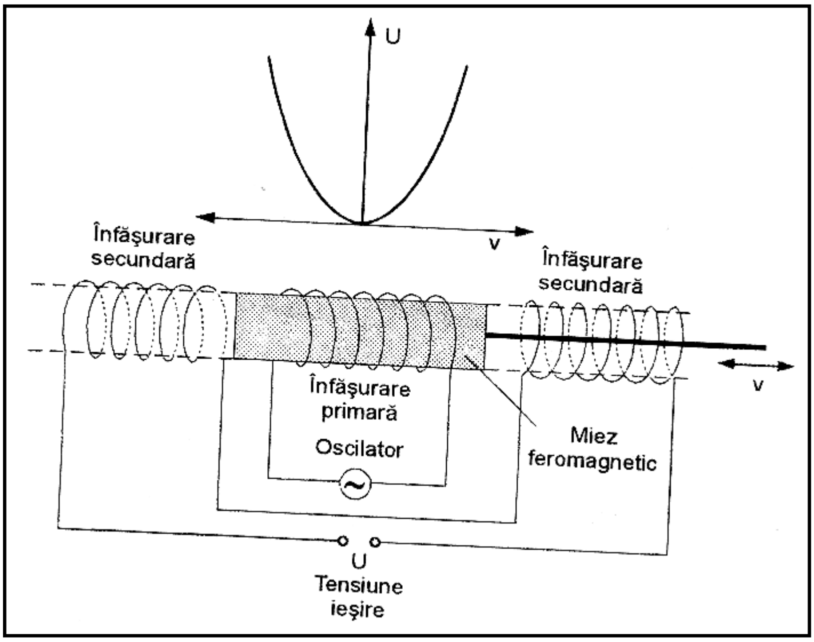


Fig. 5 – Transformator diferential liniar

f) Senzori pt deplasari unghiulare

- Automobilele pot avea si depasari unghiulare (fig. 6)
- Deoarece giroscoapele clasice, utilizate in industria aerospatiala, sunt prea scumpe si greu de implementat la automobile, se apeleaza la alternative:
    - sisteme de detectie cu laser
    - dispozitive piezoelectrice
    - senzori bazati pe efectul Coriolis

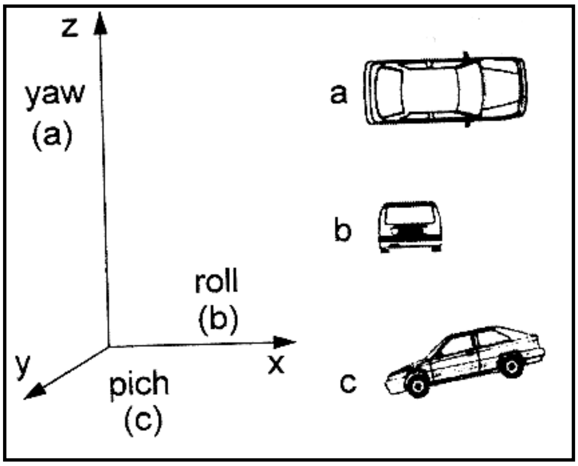


Fig. 6 – Mscarea automobilului pe cele 3 axe

2.3. MANAGEMENTUL MOTORULUI

2.3.1 Generalitati

• Acest modul asigura controlul tuturor parametrior care influenteaza performantele functionale ale motorului

OBS : din punct de vedere constructiv, motorul automobilului mecatronic are o structura modulara, avand componente (cu o autonomie functionala relativa):
- sistemul de alimentare
- sistemul de aprindere
- sistemul de racire
- sistemul de ungere etc.

Cazul automobilului clasic ⇒ aceste componente sunt componente ale unui lant cinematic antrenat de la arborele motor (fig. 7)

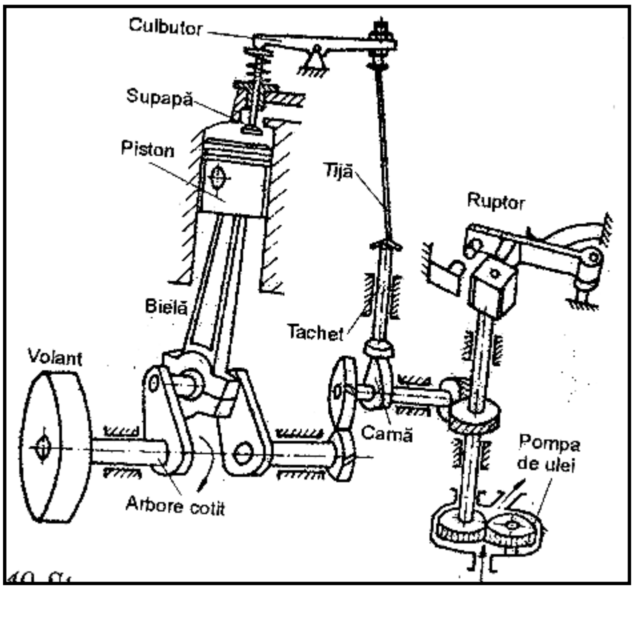


Fig. 7 – Structura motorului automobilului traditional

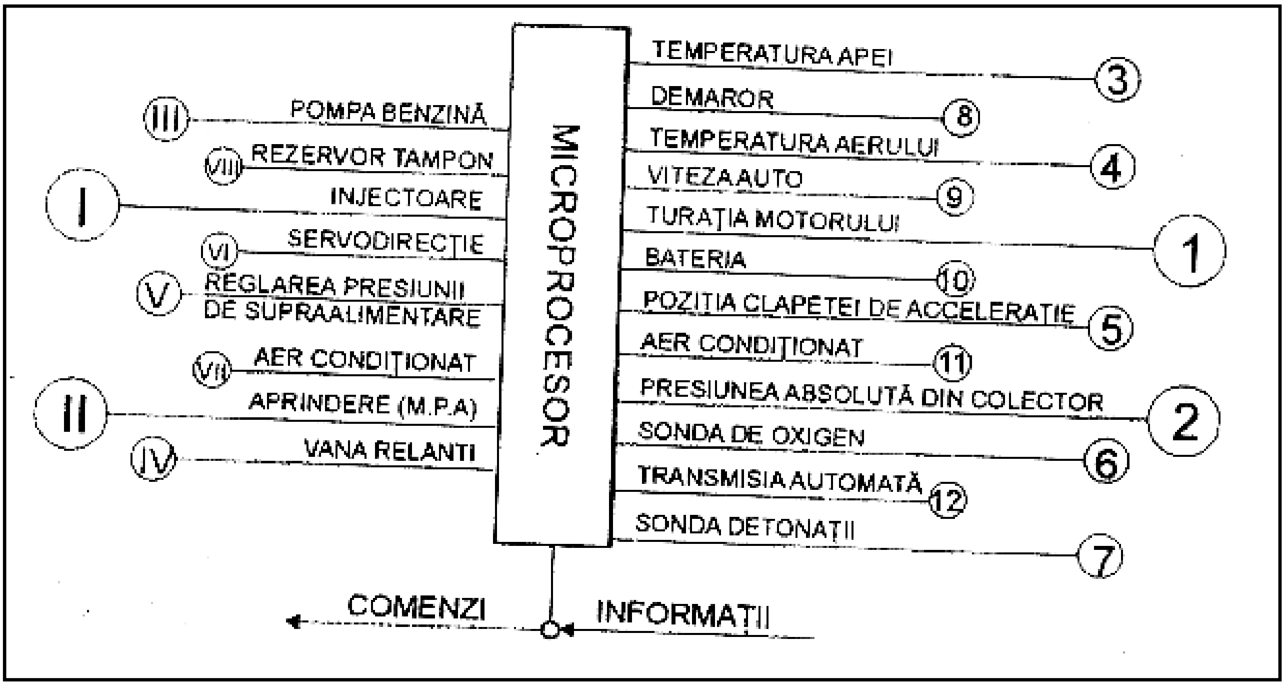
2.3.2 Probleme de baza

• Functionarea sistemului se bazeaza pe culegerea si prelucrarea informatiilor de la senzori

incorporati in motor

- Informatiile sunt prelucrate si se transmit comenzi catre actuatori pt a realiza corecturile (fig.8)

Fig. 8 – Schema principiala a sistemului de management al motorului



2.3.3 Solutii constructive specifice

- Senzorii incorporati in motor permit masurarea temperaturii, momentului de torsiune la arborele motor, turatiei, presiunii din cilindri etc.
- Semnalele sunt preluate de la senzori de catre ***unitatea electronica de comanda(ECU)***, comparate cu datele din memorie, in urma acestei comparatii rezultand comenzile de reglaj

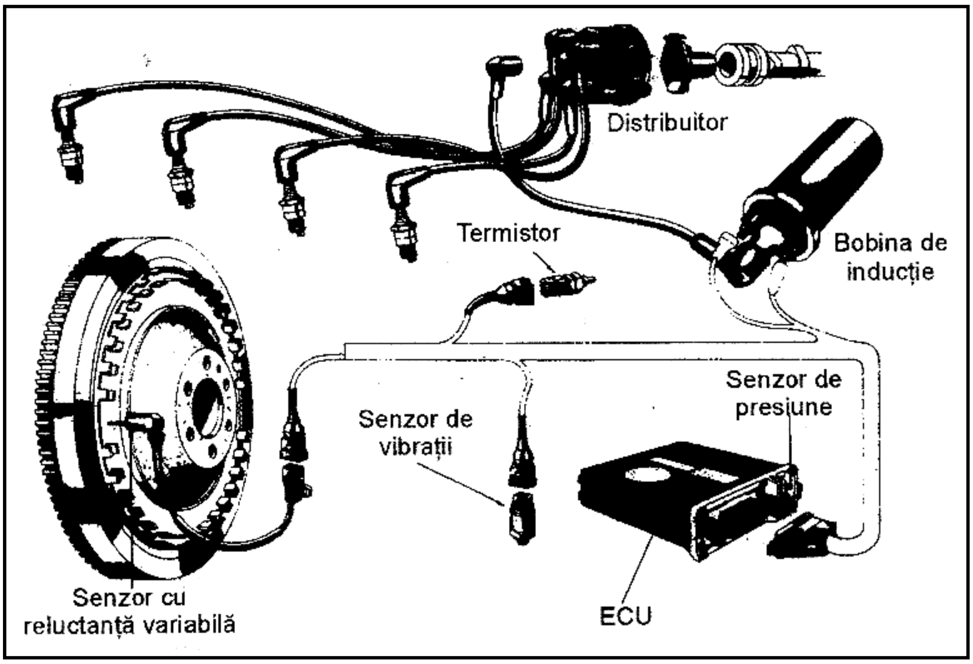


Fig.9-Sistem de reglare electronica a aprinderii

ECU – contine unul sau mai multe microprocesoare, memorii, circuite de conditionare a semnalelor, filtre, amplificatoare de putere etc.
Avantaje: buna functionare a aprinderii nu este influentata de uzura altor componente ca in cazul sistemelor exclusiv mecanice

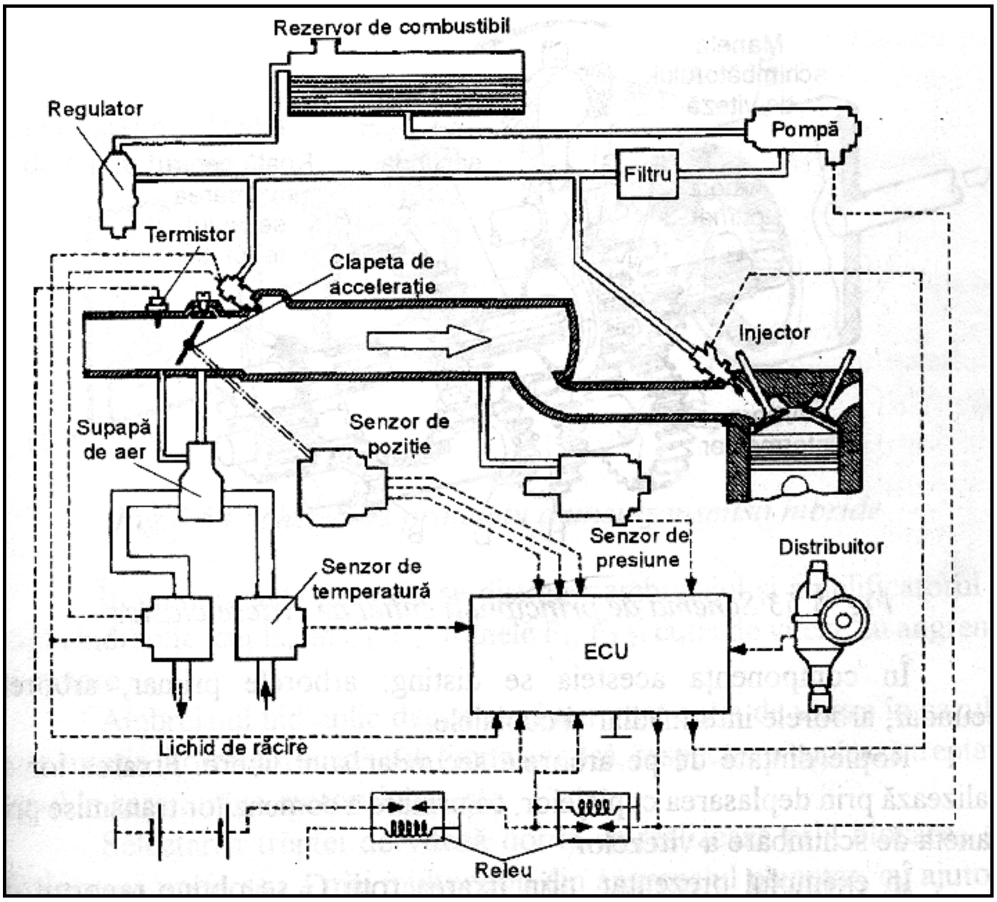


Fig.10-Sistem electronic de injectie al combustibilului

(varianta cu masurarea indirecta a debitului de aer din galeria de aspiratie, cu senzori de presiune)

- Cantitatea de aer introdusa in motor, pt o anumita pozitie a clapetei de acceleratie, depinde de presiunea din galeria de aspiratie
- Presiunea este masurata cu ajutorul unui senzor care trimite semnale catre ECU, indicand cantitatea de aer care intra in motor
- ECU prelucreaza semnalul pt a determina cat timp trebuie sa ramana deschis injectorul
- momentul injectiei de combustibil este determinat de contactele distribuitorului sau de semnalele unui senzor amplasat in apropierea arborelui cotit
- La motoarele cu 6 cilindri, injectoarele opereaza cate 3 odata

2.4 TRANSMISIA AUTOMOBILULUI MECATRONIC

2.4.1 Generalitati

ROL – de a asigura transmiterea controlata a fluxului energetic de la motor la sistemul de rulare al automobilului

• *Module de baza*: ambreiajul, cutia de viteze, transmisia cardanica, puntea motrica

• *Cutia de viteze (fig.11)*

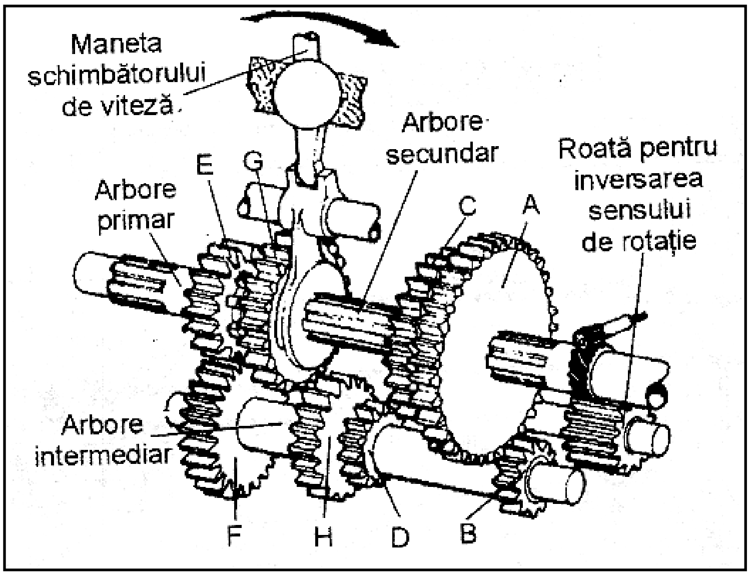


Fig. 11 – Schema de principiu a cutiei de viteze clasice

- rotile dintate de pe arborele secundar sunt libere; fixarea lor se realizeaza prin deplasarea cupajelor, in urma comenzilor primite de la maneta de schimbare a vitezelor

Ex. Din fig.11 ⇒ fixand roata G se obtine raportul:

$i = (Z_F/Z_E)\cdot(Z_G/Z_H) = (40/20)\cdot(30/25) = 2{,}4$ (treapta a III-a de viteza)

2.4.2 Sisteme de comanda a transmisiilor

• Transmisiile automobilelor moderne sunt in general transmisii hibrid, cel mai adesea hidromecanice

• Schema unei astfel de transmisii (fig. 12):

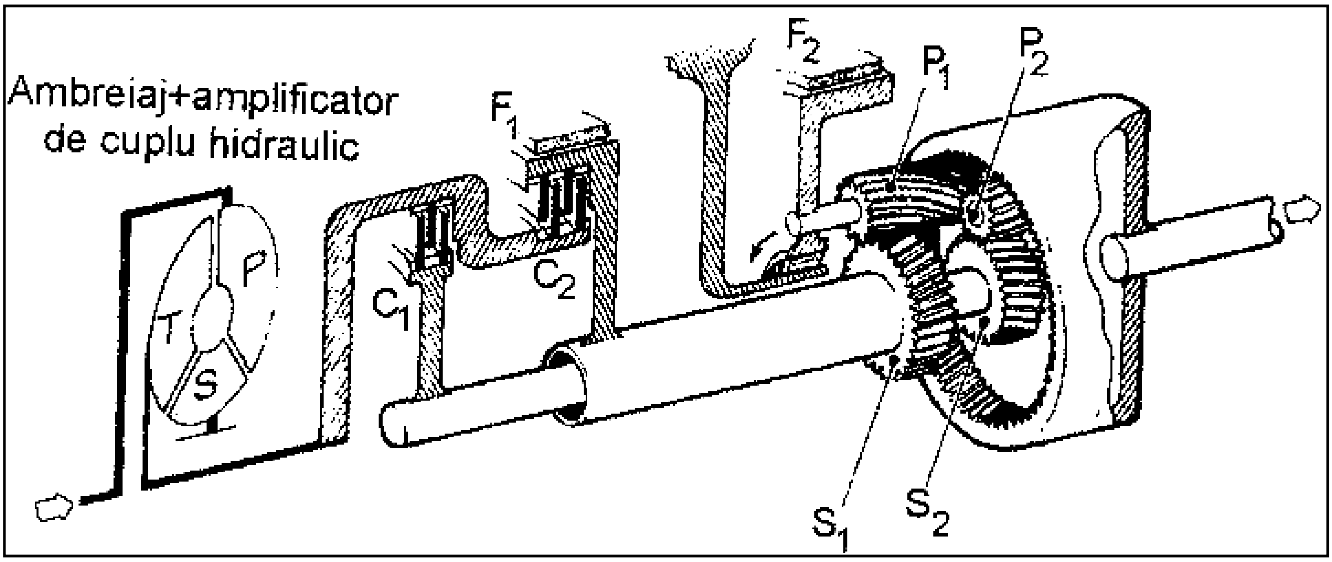


Fig. 12 – Schema de principiu a unei transmisii hibride

• *Componente:*

Ambreiaj si amplificator de cuplu hidraulic, cuplajele C_1 si C_2, franele F_1 si F_2 , cutia de viteze cu angrenaje planetare

• *Functionare;*

- Ambreiajul hidraulic decupleaza automat cutia de viteze atunci cand turatia motorului scade sub limita admisa sau o cupleaza treptat atunci cand turatia creste
- Selectarea treptei de viteza dorita se realizeaza prin blocarea sau deblocarea uneia sau a mai multor roti din angrenajul planetar, cu ajutorul franelor si/sau cuplajelor actionate hidraulic
- Aceste transmisii sunt manuale (comandate prin intermediul manetei schimbatorului de viteza si a unui circuit hidraulic) sau automate
- Schimbarea treptelor de viteza la transmisiile automatear loc la momente bine stabilite si se poate realiza in functie de viteza automobilului sauin functie de viteza automobilului si de sarcina motorului
- un senzor cu reluctanta variabila monitorizeaza turatia arborelui secundar al cutiei de viteze iar un senzor este atasat clapetei de acceleratie
- ele transmit semnale referitoare la viteza si sarcina motorului catre ECU care comanda cuplajele si/sau franele pt selectarea treptei de viteza optime (fig. 13)

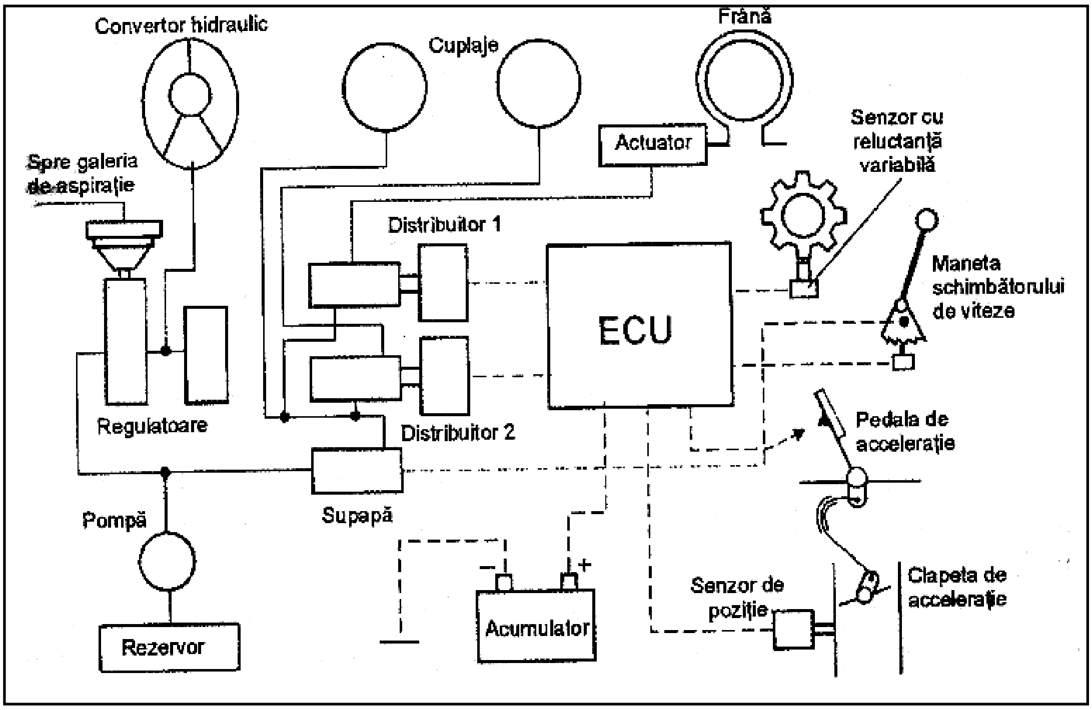
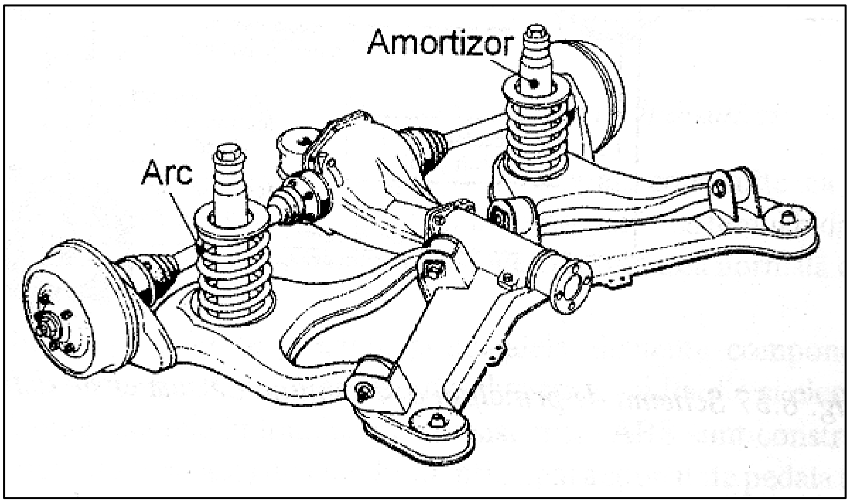


Fig.13-Schema de principiu a sistemului automat de schimbare a vitezelor

2.5 TRANSMISIA AUTOMOBILULUI MECATRONIC

• ***Suspensia clasica*** (fig.1) – arcuri si amortizoare:

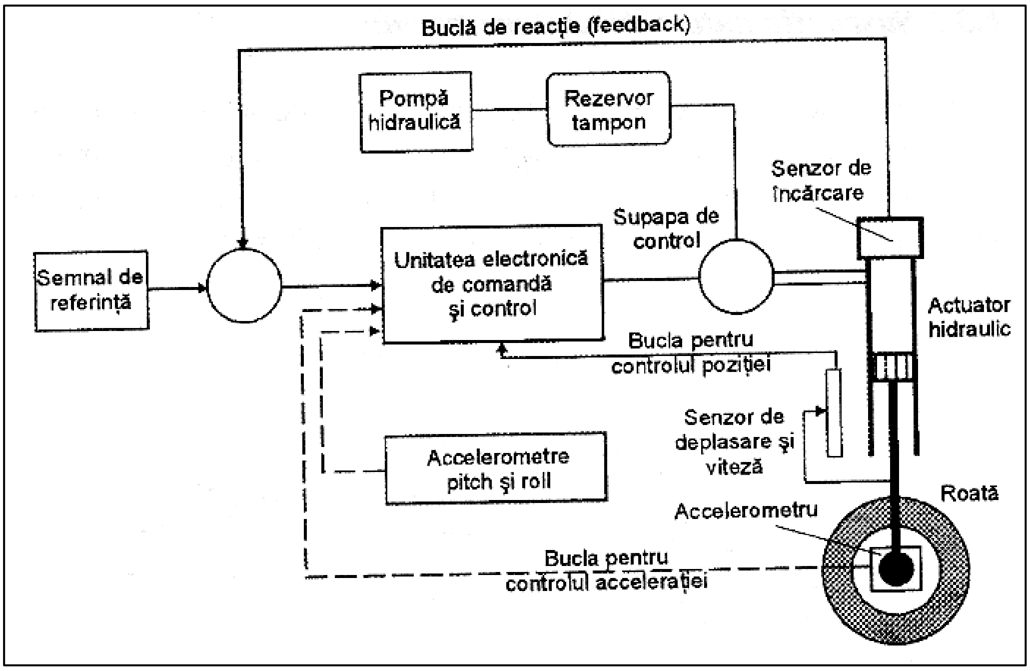
Fig. 1 – Suspensia automobilului clasic



• ***Suspensia activa*** (fig. 2) – rolul arcurilor si amortizoarelor este preluat de actuatori hidraulici, pneumatici sau combinatii ale acestora, comandati de microprocesoare, pe baza semnalelor primite de la senzori

- prin senzori se masoara deplasarea relativa a rotii fata de sasiu, viteza si acceleratia acesteia, incarcarea si unghiul de inclinare al automobilului
- datele sunt transmise unitatii de comanda (ECU), care le prelucreaza dupa un algoritm anumit
- semnalele prelucrate sunt transmise spre actuatori pt obtinerea unei stabilitati optime inconditiile concrete de mars

Fig.2-Schema de principiu a sistemului de suspensie activa

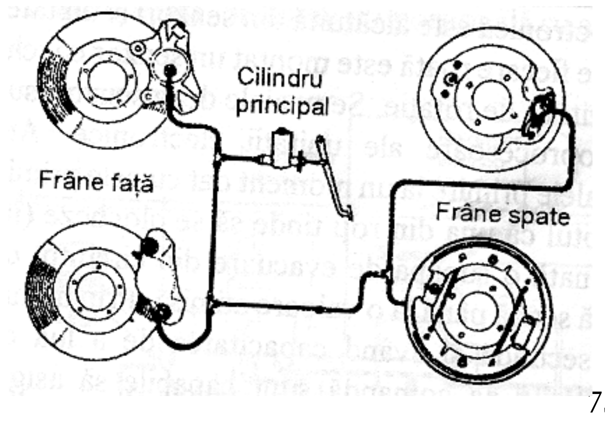


2.5 SISTEMUL DE FRANARE AL AUTOMOBILULUI MECATRONIC

• ***Sistemul ABS (anti-lock brake system)***

ROL – controlul fortei de franare pt evitarea blocarii rotilor in timpul franarii in conditiile obtinerii unei distante minime de franare si asigurarea stabilitatii optime a vehicolului in orice conditii de drum

Sistemul clasic (fig. 3) ⟹ *Fig. 3*



Obs:
- la acest sistem franarea se realizeaza prin mijloace exclusiv mecanice (reglarea franelor, sisteme de compensare etc.)
- pt o franare eficienta, trebuie ca mai intai sa se faca franarea pe puntea-fata si apoi cea spate
- reiese, chiar in cazul franarii sub limita de blocare, o distanta de franare mai mare deoarece axa-spate este sub limita de franare
- primele variante de ABS erau construite ca module separate iar ultimele generatii sunt incorporate in sistemul hidraulic de franare al automobilulu ⇒ franare atat normala cat in sistem ABS

Principalele elemente componente ale sistemului ABS (fig. 4)

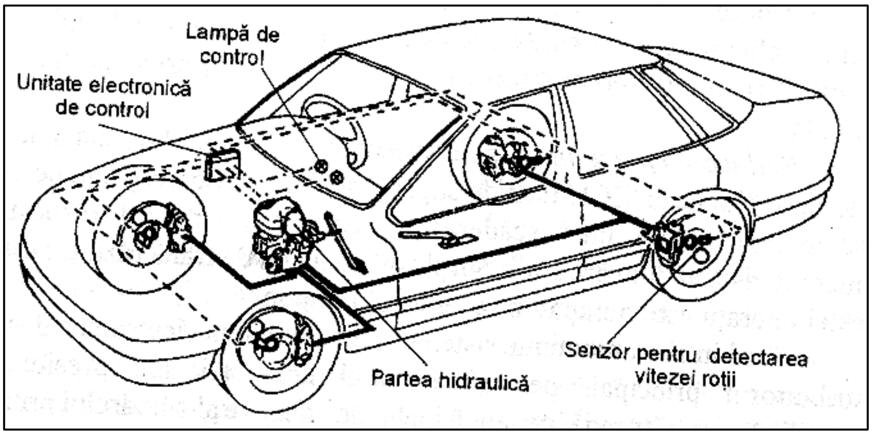


Fig.4 – Principalele parti componente ale sistemului ABS

- Componentele hidraulice pt sistemele ABS sunt construite sub forma modulara si sunt atasatecilindrului principal actionat de pedala de frana
- la capatul cilindrului principal este montat un servocilindru hidraulic alimentat de o pompa electrica la o presiune intre 140 si 180 bari
- un rezervor tampon acumuleaza lichidul si elimina variatiile de presiune de la iesirea din pompa
- partea electronica este alcatuita din senzori si unitatea electronica de control (EC)
- pe fiecare roata este montat un senzor cu reluctanta variabila care indica viteza de rotatie a acesteia
- semnalele de la acesti senzori sunt prelucrate de cele doua microprocesoare ale ECU
- acestea compara permanent semnalele primite cu cele anterioare; in momentul detectarii faptului ca una din roti tinde sa se blocheze in urma franarii, este actionata o supapa de evacuare din circuitul de franare pana cand presiuea scade la o valoare admisa
- capacitatea ECU de a monitoriza 8000 semnale pe secunda si capacitatea de a lua decizii in cateva milisecunde asigura antiblocarea franelor si stabilitatea vehiculului pt orice conditii de drum

ABS (fctie de nr de senzori):
- cu 3 canale (rotile din fata au senzori si circuite de franare separate, putand fi controlate individual); rotile din spate au un singur circuit de franare si 2 senzori, reglarea facandu-se fctie de roata care se blocheaza mai usor)
- cu 4 canale (fiecare roata poate fi franata separate de celelalte, creandu-se avantajul unei mai bune stabilitati la franare)

• FAZE IN FUNCTIONAREA UNUI SISTEM **ABS** cu 3 canale (fig. 5): ***A*** *– reducerea presiunii*
(lichidul de frana este pompat continuu in circuitul hidraulic; de la pompa trece prin servomotorul hidraulic si cilindrul principal fiins apoi recirculat)
B *– mentinerea presiunii*
C *– cresterea presiunii*

Faza A - cand un senzor indica ca una dintre roti tinde sa se blocheze, ECU inchide supapa de intrare si o deschide pe cea de evacuare ⇒ scaderea presiunii din circuitul respectiv si reducerea riscului blocarii rotii
- surplusul de lichid rezultat este pompat in rezervorul tampon
- la intrarea in functiune a ABS, ECU deschide distribuitorul principal, lichidul sub presiune din servocilindru putand intra in camera de presiune, pe langa inelul de etansare al cilindrului principal; in acest mod se echilibreaza presiunea lichidului recirculat prin intermediul supapei de evacuare si totodata se asigura presiunea necesara in circuitele de franare din fata, presiune proportionala cu forta de apasare a pedalei de frana

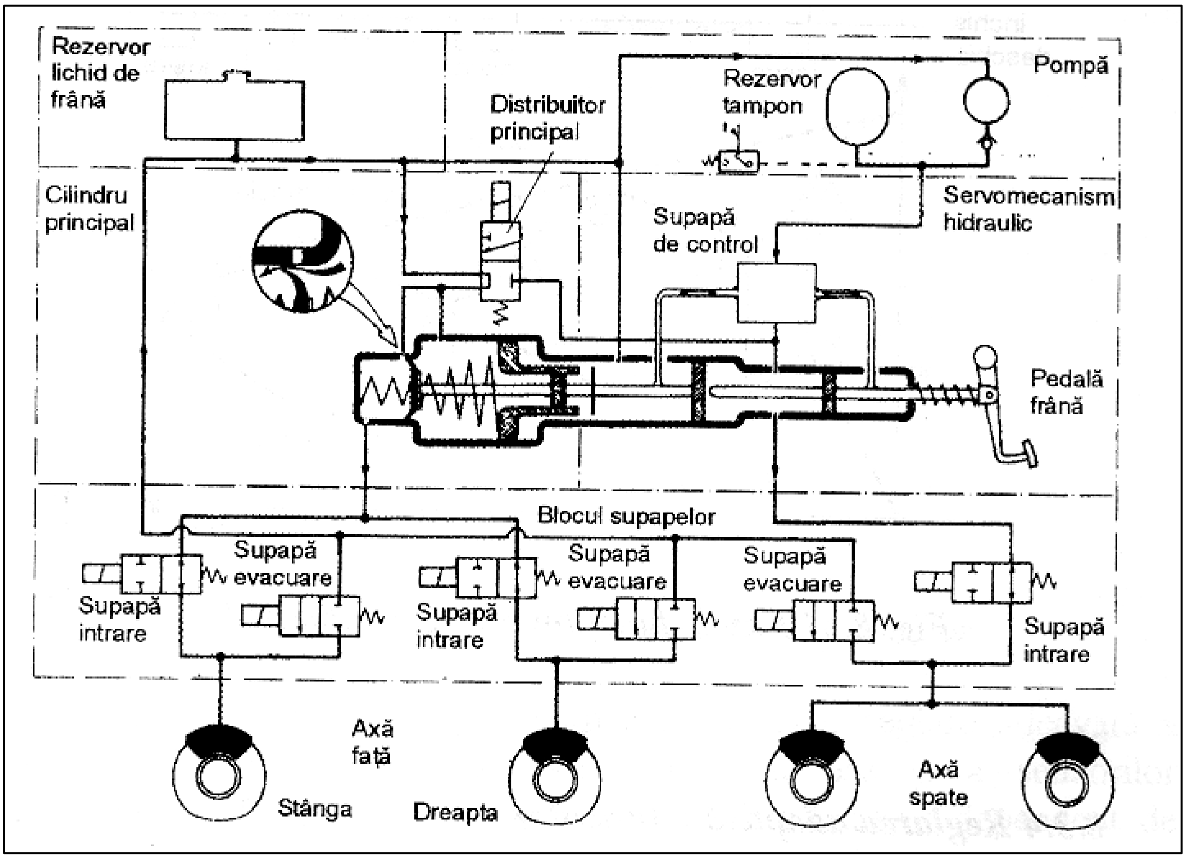


Fig. 5 – Sistem ABS pe trei canale

Faza B - cand ECU detecteaza scaderea presiunii la un nivel suficient pt evitarea blocarii rotilor, se inchide supapa de evacuare, presiunea mentinandu-se const. in circuit

Faza C – cand senzorul indica o rotire libera a rotii, supapa de intrare din circuitul respectiv este deschisa rezultand o crestere a presiunii

OBS: acest ciclu de reglare a presiunii se repeta de 12 ori pe secunda ⇒ evitarea vibratiilor rotilor si suspensiei

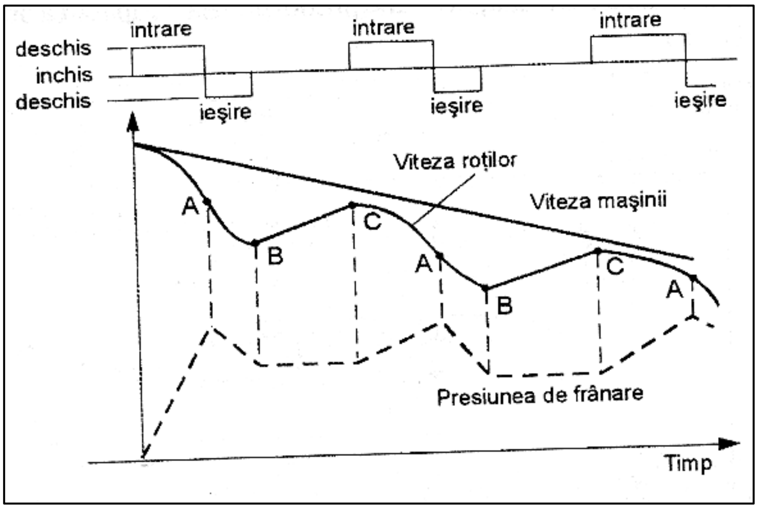


Fig. 6 - Fazele functionarii sistemului ABS al unui autovehicul, franat la maximum

Comentariu:

- curbele reprezinta actiunea franei numai pe una din roti;
- variatia vitezei rotilor ca urmare a franarii si punctele A,B,C indica celei 3 faze ale functionarii ABS
- in pct. A presiunea este redusa
- in pct. B este mentinuta const.
- in pct. C presiunea este marita pana cand este atins nivelul de alunecare limita

2.5 REGLAREA ADAPTIVA A FARURILOR

- Este necesara datorita faptului ca la o incarcare asimetrica a vehiculului acesta isi modifica pozitia fata de planul orizontal ⇒ modificarea unghiului pe care il face lumina farurilor cu solul
- reglarea adaptiva elimina acest neajuns

- Primele **sisteme** erau exclusiv **mecanice** (cu parghii sau cremaliera, cu reglare din interiorul autovehiculului) ⇒ **sisteme hidraulice si pneumatice** (reglare din interior prin intermediul unei pompe si a unor pistonase cu care erau prevazute farurile) ⇒ **sistemul electric** (motoare pas cu pas)

Sistemul electric s-a dovedit cel mai fiabil; reglajele au fost automatizate, fiind realizate de microprocesoare pe baza semnalelor primite de la senzori (ex: fig. 7)

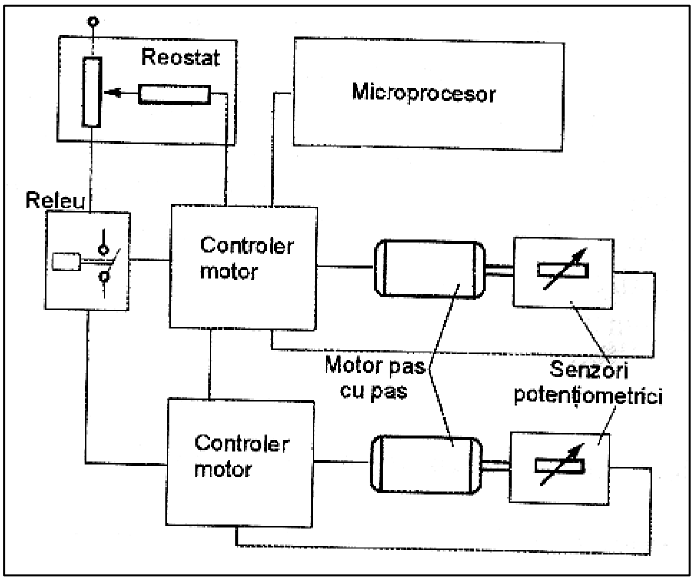


Fig. 7 – Reglarea automata a pozitiei farurilor

Comentariu:

- prin actionarea reostatului , soferul poate realiza o reglare adecvata a farurilor prin intermediul motoarelor pas cu pas si senzorilor potentiometrici
- varianta de reglaj cu senzori care determina incarcarea masinii si pendule gravitationale este imbunatatita (independenta de preferintele soferului)
- pendulul gravitational furnizeaza unui microprocesor infomatii privind inclinarea masinii , aceste date fiind corelate cu datele primite de la senzorii de incarcare, aflati pe axa din spate a vehiculului; operatiile sunt efectuate la fiecare pornire a masinii si verificate periodic pe parcursul drumului
- un sistem mai performant este cel cu 4 senzori care determina incarcarea pe fiecare roata; poate functiona numai pe suspensii active si regleaza fiecare far fctie de incarcarea pe fiecare roata
- la pornire se face o reglare preliminara a pozitiei farurilor fctie de incarcare si pozitia masinii, se face o evaluare a conditiilor meteo si a vizibilitatii; daca este cazul, farurile sunt aprinse automat iar pe traseu se evalueaza periodic inclinarea masinii si reglarea farurilor
- reglarea pe orizontala ⇒ necesara in curbe (se ataseaza un senzor pe axul volanului si 2 senzori pe maneta de semnalizare, de la acestia culegandu-se informatii despre dorinta soferuui de a schimba directia de mers ⇒ prelucrate de microprocesor, care comanda aprinderea farurilor multifunctionale cu mai multe becuri, rezultand o iluminare asimetrica dar adecvata)
- exista si o varianta de far prevazut cu oglinzi reglabile in jurul becului

MECATRONICA IN INGINERIA BIOMEDICALA

A. Despre domeniul ingineriei biomedicale

ROL : studiaza, proiecteaza, realizeaza si exploateaza materiale, dispozitive, aparate si tehnici pt prevenirea unor afectiuni sau diagnosticarea si tratamentul bolnavilor

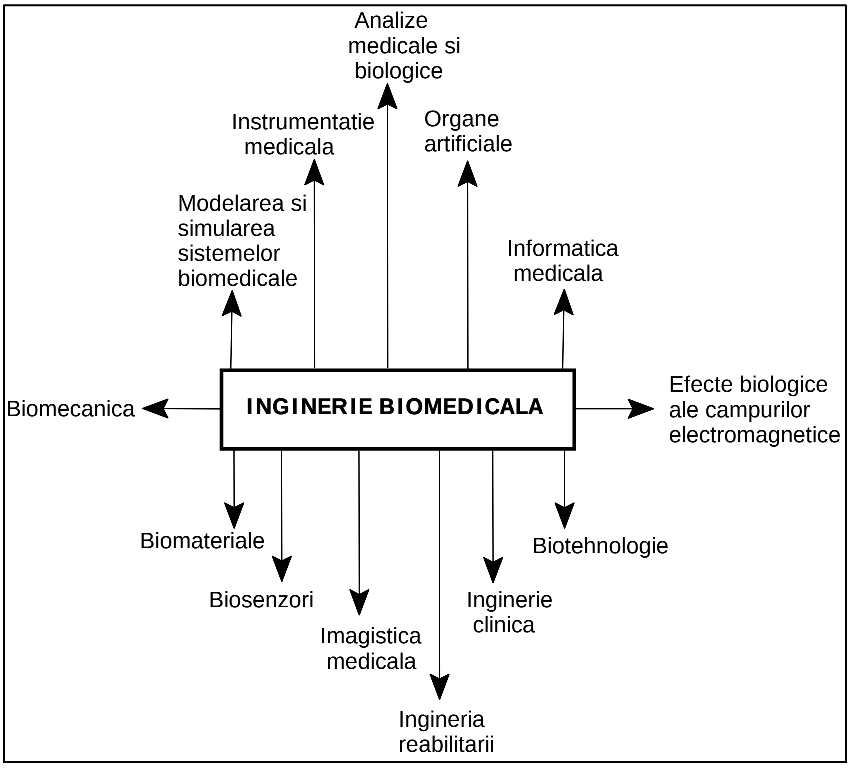


Fig. 8 - Componentele ingineriei biomedicale

Comentariu:
- inginerul specialist in domeniul biomedical trebuie sa aiba o pregatire atat din punct de vedere al ingineriei traditionale dar sa posede cunostinte solide in biologie si medicina
- caracterul interdisciplinar si multidisciplinar este o caracteristica a domeniului
- are largi implicatii sociale prin eficientizarea actului medical

B. Aplicatii ale mecatronicii in ingineria reabilitarii

Reabilitarea – a treia latura a medicinei alaturi de cea profilactica si cea curativa

Este forma de asistenta medico-sociala complexa care are scopul de a reintegra deficientii in societate si familie.

- Poate fi facuta prin: - stimularea si marirea capacitatilor existente ale pacientilor
  - prin asigurarea unor mijloace si metode alternative care sa suplineasca functiile motrice sau senzoriale ale pacientilor
- *Ingineria reabilitarii* (IR) – consta in aplicarea stiintei si tehnologiei pt ameliorarea pierderilor functionale ale persoanelor cu handicapuri si disfunctionalitati
- Domenii de activitate specifice IR :
  - echipamente de asistare sau suplinire a functiilor motrice si senzoriale (proteze, orteze pt membre etc.)
  - echipamente pt asigurarea stabilitatii posturale
  - analiza si asistarea mersului
  - asistarea functiilor de comunicare
  - stimularea electrica functionala
  - ergonomie si masurarea performantelor umane etc.

Concepte de baza in IR : { a) protezare
b) ortezare

a) *pro = in loc* si *tilhemi = a aseza*

Rol : inlocuiesc lipsa unui organ in intregime sau a diferitelor segmente ale acestuia

b) Rol: suplinesc functiile pierdute in urma unor leziuni ale SNC (Sist. Nerv. Centr.) in cazul unor pozitii vicioase congenitale sau dobandite, dupa imobilizari prelungite, etc.

Teletezele – destinate asistarii pacientului de la distanta si intra in domeniul roboticii medicale

EXEMPLE :

I. ***Orteza activa pentru asistarea prinderii*** (fig. 9)
- degetul mare este imobilizat in opozitie fata de celelalte degete
- degetele index si mijlociu sunt mobile doar la nivelul articulatiei metacarpofalangiene
- pt asistarea inchiderii si deschiderii pensei de prindere se pot utiliza motoare electrice, pneumatice, muschi McKibben etc.
- in acest caz s-au utilizat actuatori pe baza de aliaje cu memoria formei
- inchiderea este comandata prin microintrerupatoare sau mioelectric iar elemntul activ este un fir din NITINOL
- pozitia manii este mentinuta de un mecanism cu clichet
- cand utilizatorul doreste sa elibereze obiectul prins se da un semnal de comanda pt deblocarea mecanismului cu clichet prin actiunea celui de al doilea actuator pe baza de aliaj cu memoria formei
- deschiderea efectiva este asigurata de un arc
- incalzirea actuatorilor este rezistiva

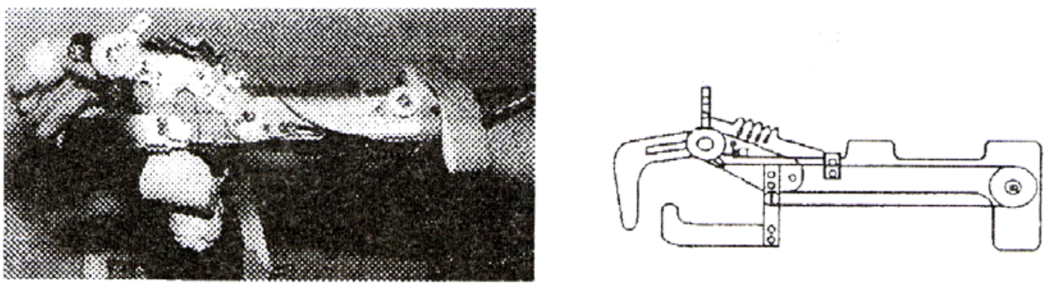


Fig. 9 – Orteza activa de mana

II. ***Orteza activa de genunchi*** (fig. 10)
- are rolul de a stabiliza articulatia genunchiului si de a asista flexia la nivelul genunchiului
- se utilizeaza un minicilindru hidraulic si unele elemente de reglare si control a energiei hidraulice comandate prin microintrerupatoare de catre utilizatorul ortezei

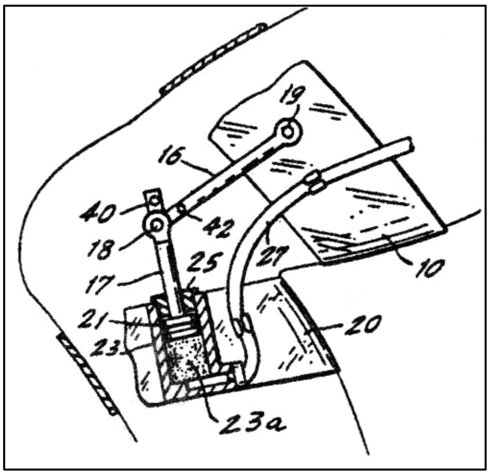


Fig. 10 – Orteza pentru genunchi

III*. Teleteza Roessler* (fig. 11)
- s-a obtinut prin adaptarea unui manipulator industrial
- are 6 grade de mobilitate
- actionarea este electrica numai dispozitivul de prindere fiind actionat pneumatic
- se pot manipula obiecte avand greutatea de max. 6 kg cu o viteza de 0,4 m/s
- sistemul de comanda are la baza un joystick bucal, actionat cu miscarile limbii

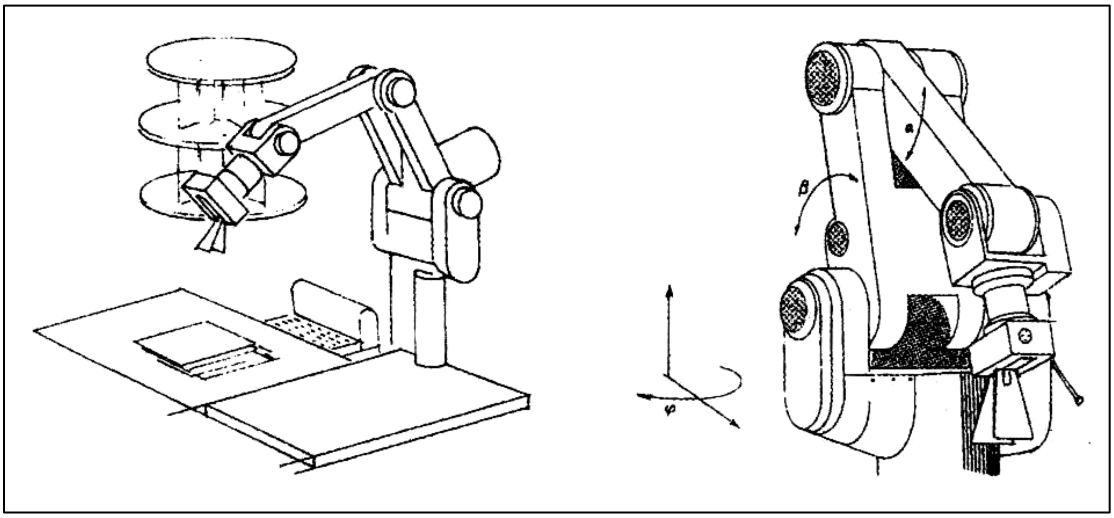


Fig. 11 – Teleteza Roessler

IV. *Echipament pt mentinerea posturii bipede si asistarea mersului* (fig. 12)
- a fost realizat de japonezi pt ajutorarea persoanelor in varsta
- este alcatuit dintr-un brat robotizat, ce se poate deplasa pe o cale de rulare montata pe tavanul incaperii sau pe un suport special
- totodata se poate deplasa pe verticala (asista si pozitia sezand) si roti pt schimbarea sensului de deplasare
- deplasarea bratului este asigurata de un servomotor de curent alternativ cu viteza max. De 0,1 m/s
- pt oprire exista frana electromagnetica
- interfata echipament-utilizator asigura o comanda usoara si comoda a bratului robotizat
- senzorii de forta servesc la sesizarea intentiilor utilizatorului care trebuie doar sa se incline in directia in care doreste deplasarea bratului
- membrele superioare sunt libere si pot fi folosite in alte activitati

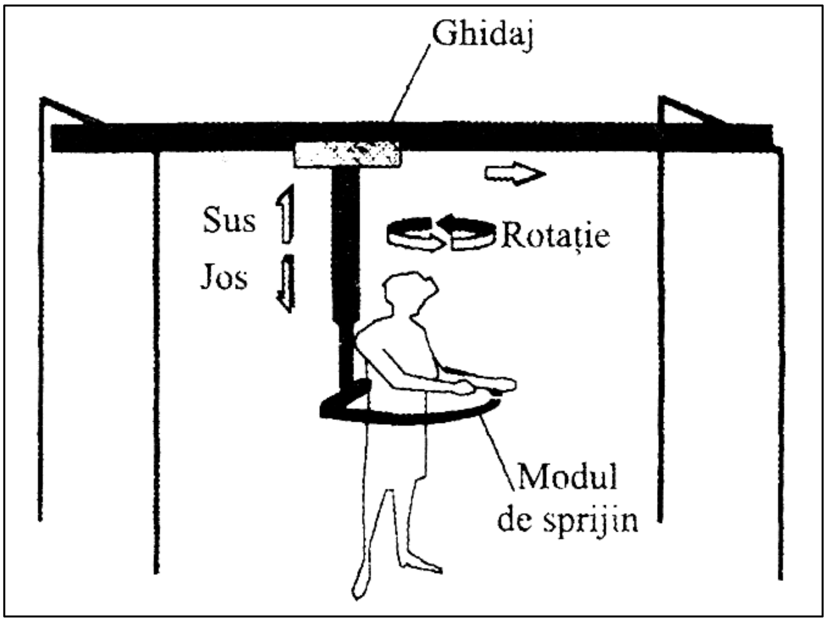


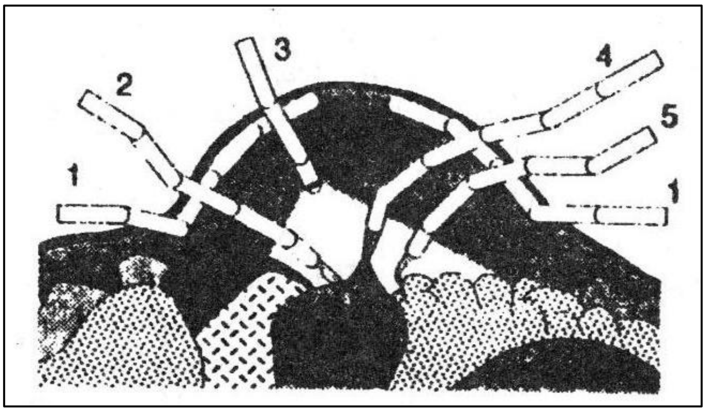
Fig. 12 - Echipament pt mentinerea posturii bipede si asistarea mersului

C. *Aplicatii ale mecatronicii in chirurgia minimal invaziva*
Rol:

- scurtarea duratei si costurilor unei interventii chirurgicale
- reducerea riscurilor si a suferintei
- scurtarea perioadei de refacere

- Aceasta a presupus o readaptare a instrumentarului, a salilor de operatii, a echipelor chirurgicale si a instruirii in aceasta specialitate
- Schema de principiu a unei interventii minimal-invazive (fig. 14):

Fig. 14 – Principiul unei interventii chirurgicale minimal invazive



Dispozitive necesare:

1 - elementul de expandare (asigura spatiul de lucru necesar)
2 - bisturiul (intervine asupra organelor interne)
3 - endoscopul (asigura iluminarea cavitatii si preluarea imaginilor)
4 - forcepsul (prinde tesuturile)
5 - hook-ul (de regula, in forma de carlig)

- Rezultatele acestui tip de interventie depinde mult de performantele ecipamentelor utilizate
- Aceste componente pot fi comandate de la distanta (telemedicina) chirurgul putand opera cu precizie mai mare chiar decat cea manuala
- Limite al chirurgiei minimal invaziva:
    - imaginea video este bidimensionala, cu distorsiuni optice si de perspectiva
    - limitarea miscarii
    - necesita o dexteritate in manuirea instrumentarului
    - ne exista senzatia de palpare a organului

- Exemple:

I. *Endoscopul activ* (fig. 15)

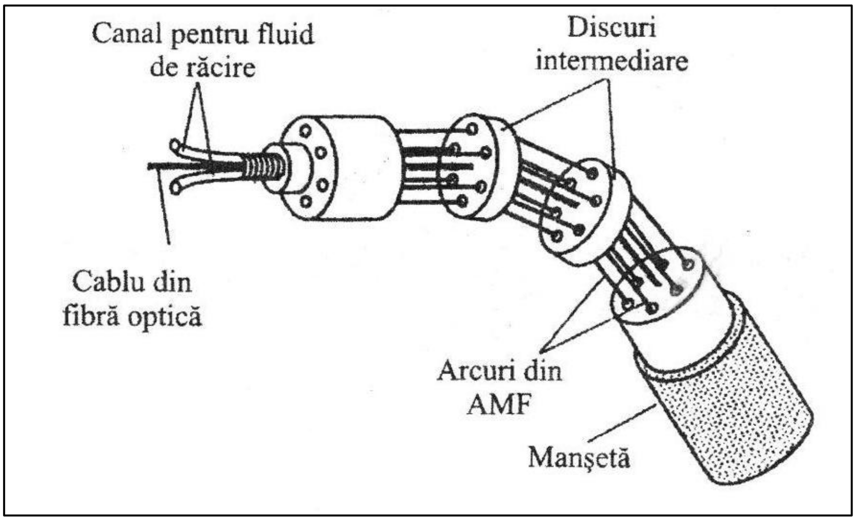


Fig. 15 – Endoscopul activ

Comentariu:

- are forma tubulara, ca si cel obisnuit, dar este format din 5 segmente ce pot fi comandate independent, ceea ce ii confera un grad de manevrabilitate sporit si posibilitatea programarii
- diam. exterior – 13 mm; lungimea – 215 mm; greutatea – 30 g; amplitudinea miscarii unui segment fata de celalalt – 60^0 cu viteza de 30^0 / s
- actuatorii sunt pe baza de aliaje cu memoria formei (forma de arcuri elicoidale din aliaj Ni-Ti, diam. spirei = ,2 mm; diam. mediu arc = 1 mm) ce pot fi comandati in bucla inchisa fara traductori de pozitie
- fibrele optice impreuna cu tuburile care conduc apa pt racirea elementelor active sunt dispuse pe axa centrala a endoscopului, fiind protejate de un arc elicoidal si o manta elastica

II. *Microcateter activ* (fig. 16)

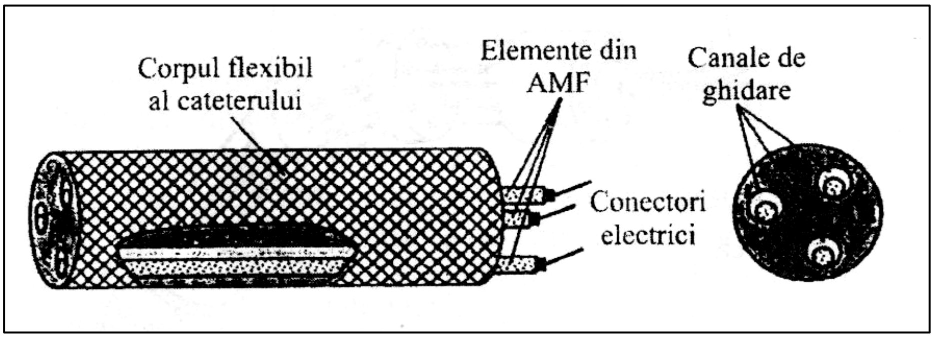


Fig. 16 – Microcateter activ

Comentariu:

- utilizat in tratamentul afectiunilor cerebrale vasculare si inlocuieste cateterele cu ghidare cu ajutorul firelor (care prezinta riscuri la bifurcarea vaselor de sange sau la curbarea lor)
- in tubul flexibil (Φ =2mm) sunt introduse 3 fire din aliaj cu memoria formei, dispuse la 120^0 pe un cerc cu diam. = 1,6 mm
- la activare, firul revine la lungimea memorata,drept care se contracta, determinand incovoierea microcateterului in jurul unei axe
- activarea a 2 fire $\Rightarrow$ incovoierea in jurul a 2 axe
- prin activarea controlata se poate obtine curbura dorita
- microcateterul este conceput pe module de 10, 15 si 20 mm conectate prin intermediul unor articulatii astfel incat sa se poata obtine unghiuri mari de incovoiere
- racirea elementelor active este libera, revenirea fiind asigurata de elasticitatea tubului flexibil

III. *Microrobot pentru colonscopie* (fig. 17 si fig.18)

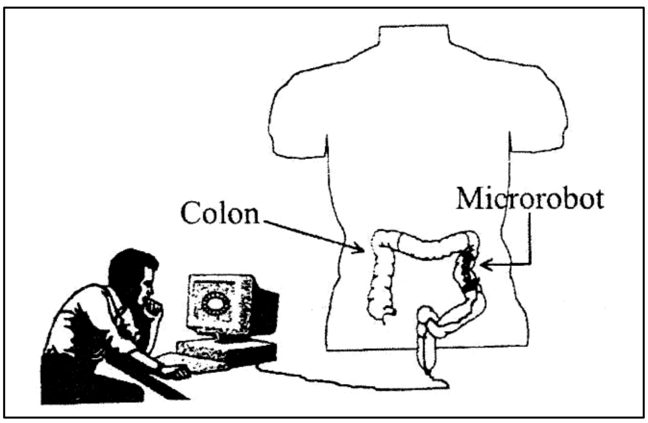


Fig. 17 – Micrirobot pentru colonscopie

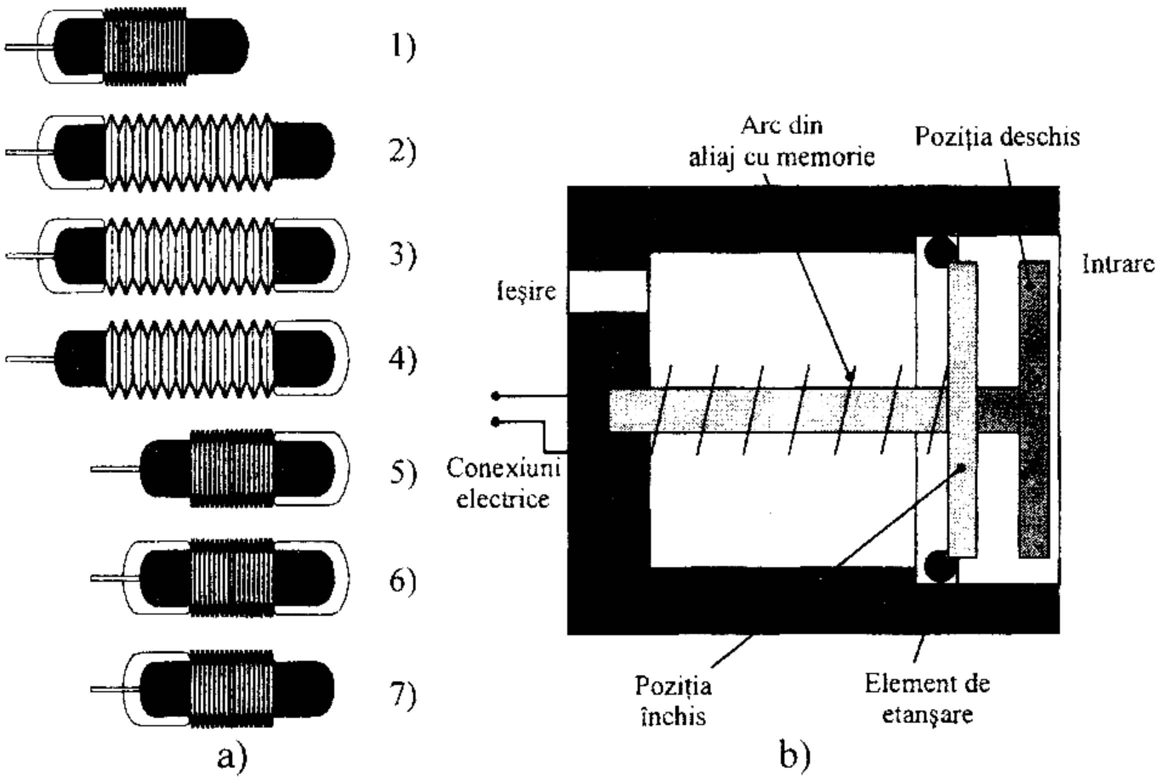


Fig. 18 – Principiul de deplasare a robotului pentru colonscopie

Comentariu:
- are 3 module – *principal* (cuprinde sistemul de deplasare); *de control*; un *micro-brat* destinat orientarii unei camere de luat vederi
- se poate deplasa autonom in interiorul colonului utilizand principiul *inchworm*

TENDINTE IN MECATRONICA

✓ MASINI ORIENTATE DUPA INFORMATIE SI ORGANISMELE VII

 Exemplu de echipament controlat de informatie sau software ⇒ „**vehicul cu configuratie controlata**" (**CCV** – Control Configured Vehicle) ⇒ ***aparatul de zbor F117 „Stealth"*** (bombardierul invizibil)

Comentariu:
- nava nu poate zbura fara ajutorul calculatorului fiin aerodinamic instabila, calculator care da anumite comenzi pt a-l face sistem dinamic stabil

 Bionica – incearca sa descopere mecanismele dupa care functioneaza organismele vii, la care informatia si structurile materiale sunt un tot indivizibil

✓ INFLUENTE DATORATE MICROMECANISMELOR

- miniaturizare si compactizare
- biomecanisme
- biotehnologie

✓ SUPERMECATRONICA, OPTOMECATRONICA

- Realizarea de cipuri cu o mare putere de calcul si integrarea lor in sisteme de comanda
- Cipuri de putere inteligente ⇒ in electronica de putere
- Aparitia tehnologiei laser pe baza de semiconductori a inlesnit integrarea opticii in sistemele mecatronice ⇒ noi produse

✓ MICROMECATRONICA

- Integrarea sinergetica a sistemelor microelectromecanice cu tehnologiile electronice si mecanica de precizie
- Domeniile specifice: microsistemele, microdispozitivele, microsenzorii, microactuatorii, microsursele de energie, componentele din structura echipamentelor periferice pt calculatoare, instrumentele optice, microrobotica, aplicatii biomedicale

✓ NANOMECATRONICA

- sistemele micromecatronice incorporeaza componente sub 1 mm $\Rightarrow$ tehnologia de comanda/control a manipularii acestor componente se face la nivel nanometric
- Ex: scrierea unor caractere de dimensiuni atomice pe suprafata unei plachete de siliciu pri utilizarea echipamentelor STM (Scanning Tunnelling Microscope) si AFM (Atomic Force Microscope)
- Sistemul STM implica un electrod cu varf punctual din wolfram, pt masurarea curentului electric de tunelare si un actuator piezoelectric tip stiva, care realizeaza pozitionari 3D pt electrod, cu rezolutie subnanometrica; actuatorul este comandat de catre un calculator cu viteza mare cu sisteme de detectie a pozitiei in domeniul subnanometric; astfel, atomii de la suprafata placutei de siliciu sunt extrasi unul cate unul datorita campului electric de inalta densitate concentrat in jurul atomului

✓ BIOMECATRONICA

- aplicatiile medicale (sistemele protetice inteligente, organe si tesuturi artificiale, echipamente de asigurare a mobilitatii, robotica pt asistarea persoanelor cu handicap, sistemele miniaturizate din chirurgia minimal invaziva, interfetele neuronale etc.)
- biotehnologia (crearea si modificarea unor materiale biologice, incluzand realizarea de tesuturi artificiale precum si a noi specii de plante si rase animale)
- realizarea unor echipamente dupa modelele oferite de natura

Universitatea Tehnică “Gh. Asachi” Iasi
Facultatea de Mecanică
Catedra de Organe de maşini şi Mecatronică

MECATRONICA

PROBLEME DE MICRO SI NANOTRIBOLOGIE IN SISTEME MECATRONICE

Cursuri de perfecționare

Mai 2005

PROBLEME DE MICRO SI NANOTRIBOLOGIE
IN SISTEME MECATRONICE

INTRODUCERE

Procesele de **frecare, uzare şi ungere** care se dezvoltă în interacţiunile mecanice, deşi cunoscute încă din preistorie au fost incluse in 1965 într-o ştiinţă multidisciplinară numită TRIBOLOGIE. In ultimii 30 de ani progresele tehnologice din lume au fost strâns legate de cercetările din domeniul Tribologiei astfel încât, Profesorul HIRANO din Japonia, arăta în 1993, la Congresul European de Tribologie de la Budapesta că, impactul Tribologiei asupra dezvoltării tehnologiei a fost, în ultima jumătate de secol, atât de important în dezvoltarea tehnologica încât poate fi comparat cu revoluția industrială de la jumătatea secolului 18.

Un sistem mecanic include, in general, un ansamblu de elemente interconectate direct prin intermediul **interacțiunilor,** la nivelul cărora se produc procesele tribologice de frecare, de uzare şi de ungere, procese care influențează în mod hotărâtor fiabilitatea întregului sistem. Analizate din punct de vedere tribologic, interacțiunile devin sisteme complexe tribologice sau **Tribosisteme.** Dacă pentru elementele componente ale unui sistem mecanic exista criterii de siguranță în corelație cu solicitările mecanice la care sunt supuse acestea, pentru tribosisteme , **limitările de uzare, limitările pierderilor prin frecare, grosimi limită ale filmului de lubrifiant, temperaturi limită, condiții de funcționare limită (viteze, presiuni de contact)**, etc., se constituie în **criterii de siguranță de natură tribologică** şi sunt esențiale în proiectarea şi exploatarea oricărei maşini.

Dezvoltarea fără precedent din ultimile decenii s-a făcut şi ca urmare a extinderii tribologiei în domeniul **microsistemelor** mecanice iar în prezent se fac eforturi pentru extinderea tribologiei în domeniul **nanosistemelor**. Au apărut astfel **Microtribologia** şi **Nanotribologia,** esențiale în dezvoltarea unor domenii de vârf ca: mecatronica şi robotica, tehnică aerospațială, echipamente de investigații în medicină, sistemele informatice, comunicații, industrie militară,etc.
In multe cazuri, în aceste domenii, cercetătorii sunt ocupați mai mult cu aspectele spectaculoase privind tehnologiile de fabricație a microsistemelor şi lasă pe planul secund problemele de tribologie, în majoritatea cazurilor din lipsă de informații în domeniul micro- şi nano- tribologiei. Este de remarcat faptul că, procesele tribolocice în micro- şi nano-sisteme sunt, de cele mai multe ori, cu totul diferite față de procesele tribologice din macrosisteme. Astfel, în microsisteme, interacțiunile lucrează sub sarcini foarte mici, (de la miligrame la grame) şi sunt lubrificate, în general, cu straturi moleculare de lubrifiant, în care au loc complicate procese de interfață. Ca rezultat, frecarea şi uzarea se manifestă la nivel de scară micro- sau nanometrică şi sunt puternic dependente de interacțiunile de suprafață.

Mecatronica, ca ştiință a sistemelor integrate mecanice-electronice- informatice este rezultatul dezvoltării tehnologice a ultimilor decenii şi este cunoscută astăzi ca **Stiința Maşinilor Inteligente**
Practic, toate produsele de high- tech realizate astazi sunt produse mecatronice: automobilele moderne, roboții industriali, roboții păşitori, microroboții utilizați în industria militară, nanoroboții utilizați în investigații medicale, calculatoare, imprimante, echipamente birotice, echipamente de investicații medicale, sisteme de protezare şi organe artificiale, sisteme de înregistrare audio, video, etc.
Robotul este aplicația cea mai cunoscută din domeniul Mecatronicii. De la liniile robotizate din industria constructoare de automobile până la coloniile de "Roboți Furnică", de la sofisticatele laboratoare spațiale autonome care au ajuns pe planeta Marte până la nanoroboții utilizați în investigarea sângelui uman, există astăzi o largă gamă de roboți. RFG, de exemplu, are importante realizări industriale şi cercetări în domeniul roboților. Tipurile de roboți MAG, KURT,

realizate la Universitatea din Magdeburg, LAURON, realizat la Universitatea din Karlsruhe, TARRY, realizat la Universitatea din Duisburg, MAKRO, SCORPION, realizați de către Fraunhofer-Gesellschaft Institute sunt câteva exemple mai spectaculoase de roboți mobili şi păşitori.

Orice tip de robot, ca structură mecatronică include **sisteme mecanice sau micromecanice** pentru a asigura transportul sau manipularea obiectelor, **sisteme electronice** precum senzori, traductoare, sisteme de emitere şi de colectare a informațiile şi **sisteme informatice** precum ar fi calculatorul, microprocesorul pentru a analiza şi a decide acțiunile. Pentru a realiza mişcările, sistemele mecanice sau cele micromecanice sunt formate din elemente interconectate prin interacțiuni sau tribosisteme. Aici au loc procese tribologice care pot fi optimizate astfel încât, la nivelul tribosistemelor şi, implicit, la nivelul întregului sistem mecatronic să se asigure precizie în mişcări, nivel redus de frecare şi de uzare, durabilitate ridicată- în esența, **fiabilitate ridicată**.

Nivel ridicat de frecare în tribosistemele specifice macroroboților înseamnă pierderi mari energetice, creşteri de temperatură în timp ce în microtribosisteme, frecare ridicată înseamnă imposibilitate de mişcare a elementelor, consum exagerat de energie la nivelul bateriilor de alimentare (în cazul microroboților), răspuns întârziat la comenzi. Creşterea uzării în tribosisteme sau în microtribosisteme duce la pierderea preciziei de mişcare a elementelor. Lubrificația clasică asigură nivel redus de frecare şi de uzare în macrosistemele tribologice, în timp ce în microsistemele tribologice ungerea este asigurată prin straturi moleculare de lubrifianți.

Ca sistem integrat mecanic-electronic-informatic, orice sistem mecatronic are fiabilitatea dictată de fiabilitatea celor trei sisteme distincte interconectate. Chiar dacă fiabilitatea componentelor electronice sau a structurilor informatice este la cel mai înalt nivel posibil, o fiabilitate scăzută la nivelul t**ribosistemelor** sau a **microtribosistemelor** specifice componentei mecanice duce la scăderea fiabilității întregului sistem mecatronic.

I. SISTEME MECATRONICE

Revolutia informatica (a doua revolutie industriala) a marcat saltul de la societatea industrializata la societatea informationala, generand un val de innoiri in tehnologie si educatie. Japonezii au definit sensul acestor miscari de innoire, brevetand termenul de **mecatronica**, la inceputul deceniului al 8-lea al secolului trecut.Termenul a fost utilizat pentru a descrie fuziunea tehnologica: mecanica-electronica-informatica Conceptul de mecatronica este sugestiv ilustrat in figura 1.

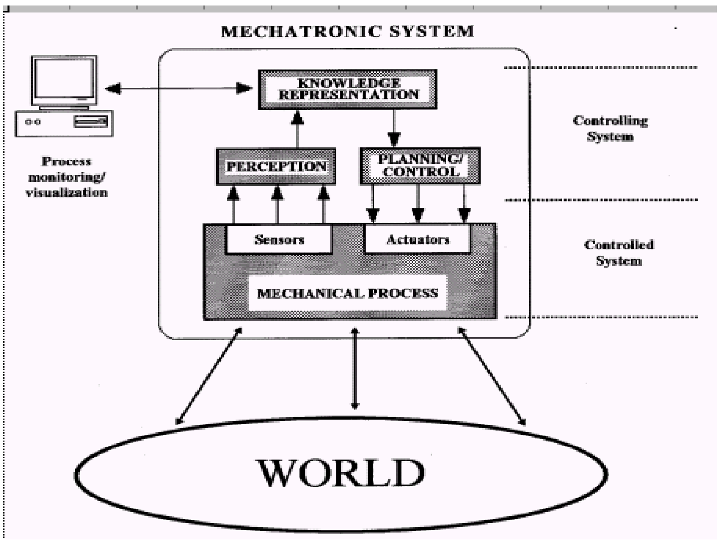


Fig.1

Un sistem mecatronic cuprinde două componente principale: **sistemul controlat** şi **sistemul de control**. Sistemul controlat este constituit din totalitatea proceselor mecanice cu care sistemul mecatronic vine în contact nemijlocit prin intermediul sensorilor şi a actuatorilor. Actuatorii sunt sisteme complexe care transforma diverse forme de energie în energie mecanică. Sistemul de

control diferențiază sistemul mecatronic de oricare alt sistem tehnic şi este constituit din trei subsisteme distincte: **subsistemul de percepție, subsistemul de cunoaştere şi subsistemul de planificare şi control**. Astfel, pe baza informației primite prin senzori (subsistemul de percepție), se prelucrează în microprocesoare, în rețele artificiale neuronale (subsistemul de cunoaştere) un raspuns adecvat care este transmis la subsistemul de planificare şi control. Acest subsistem, prin intermediul actuatorilor, pune în aplicație acțiunile adecvate asupra sistemului mecanic (deplasari, modificări de poziție, apucare de piese, etc.).
Din punct de vedere energetic, un sistem mecatronic cuprinde două subdomenii distincte, aşa cum este reprezentat în fig. 2: subdomeniul puterilor mari, acolo unde se execută operațiile fizice sau mecanice şi subdomeniul puterilor slabe, unde se realizează procesarea informației.

Problemele tribologice sunt aferente **actuatorilor**, dar pot apărea şi-n alte subsisteme ale unui sistem mecatronic. O trecere în revistă a **actuatorilor** utilizați astăzi în sistemele mecatronice evidențiază existența a numeroase tipuri:
actuatori electrostatici, actuatori electromecanici, piezoelectrici, micromotoare electrice, piezomotoare, actuatori hidraulici si pneumatici pentru mişcare de rotație şi de translație,

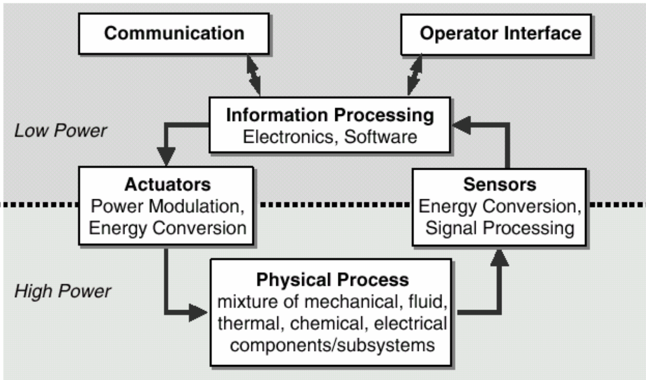


Fig.2

In ultimii ani s-au dezvoltat o serie de sisteme microelectromecanice, denumite generic **MEMS**
MEMS-urile sunt fabricate cu tehnologiile specifice circuitelor integrate şi cuprind sisteme mai mici de 100 micrometri. Intră în această categorie: microsensori,microactuatori,micromotoare, micropompe,microtrenuri cu roți dințate, micromanipulatoare,etc.
In fig. 3 se prezintă un micromotor fabricat la MIT-UC Berkeley, cu rotorul de 120 micrometri, cu un joc dintre rotor si stator de 2 micrometri, capabil să se rotească până la 2500 rot/min şi să dezvolte un cuplu de 12pNm. Rezistența la uzare şi frecarea dintre rotor şi stator sunt esențiale în asigurarea fiabilității unui asemenea micromotor.

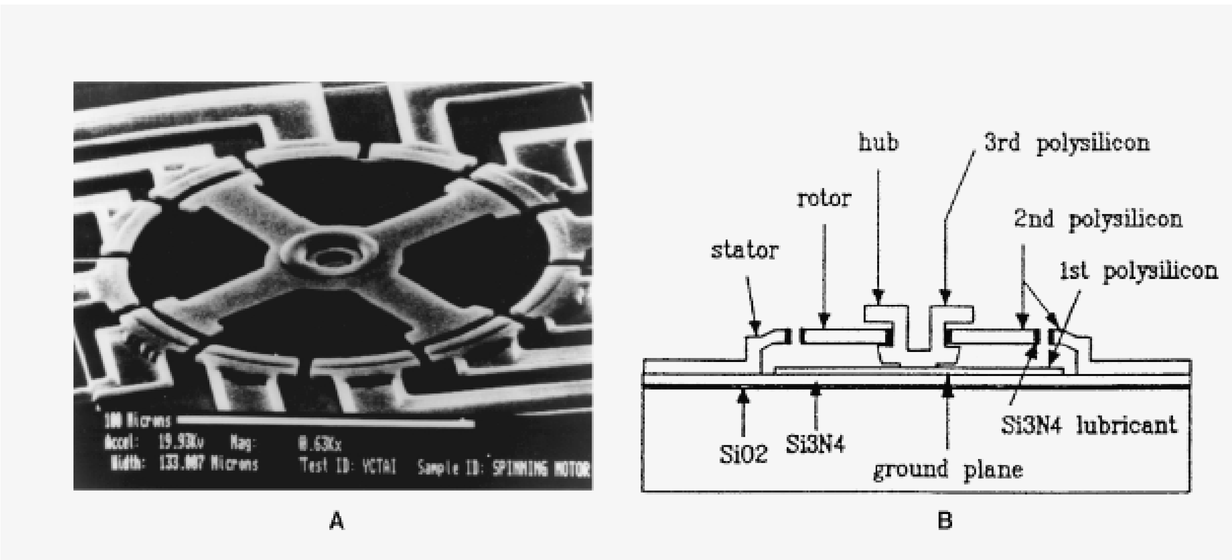


Fig.3

Probleme tribologice deosebite apar şi în sistemele de înregistrare şi redare de tip benzi magnetice- capete de înregistrare, hard-discuri , flopy discuri etc.
In cazul cititoarelor de discuri, suprafeţele de contact sunt apropiate la distanţe de max.50 nanometri, cu rugozităţi de max.0,02 micrometri, pe suprafeţele discurilor sunt depuse straturi de lubrifiant lichid de 1-4 nanometri, figura 4

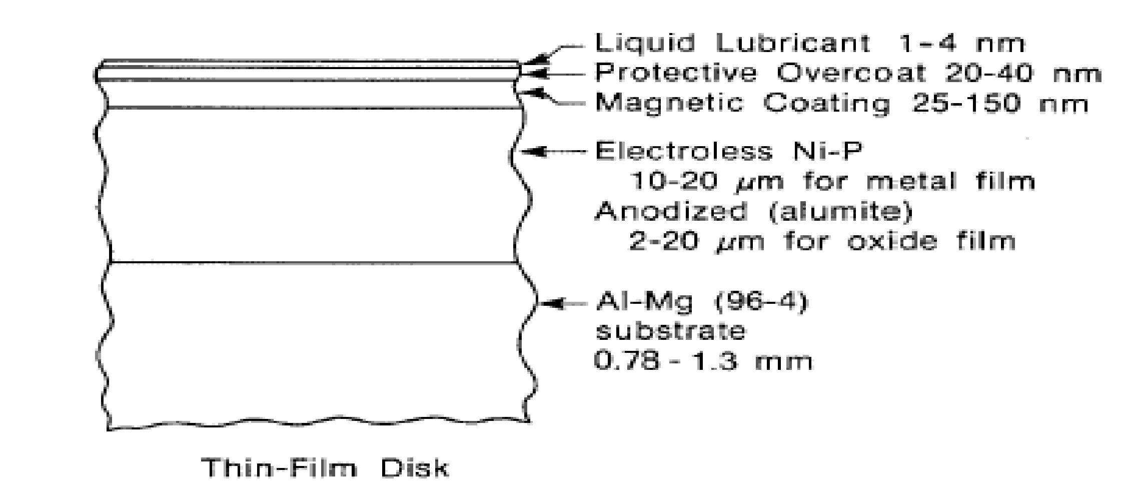
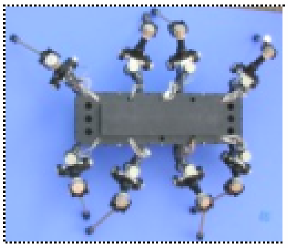


Fig.4

Un domeniu spectaculos al aplicaţiilor mecatronice îl reprezintă cel al microroboţilor. Microroboţi păşitori, microroboţi pentru inspecţii în zone greu accesibile, microroboţi pentru aplicaţii militare etc, sunt astăzi într-o continuă cursă de miniaturizare pe plan mondial.
In fig.5 sunt prezentate 4 tipuri de roboţi realizaţi în ultimii ani de către reţeaua de institute Fraunhofer din Germania: roboţii SCORPION şi GINGIS pentru deplaşari autonome pe sol accidentat, în condiţii vitrege (similare cu cele de pe Lună sau de pe Marte), microrobotul KURT 2 destinat inspecţiilor la sistemele mecatronice, microrobotul MAKRO destinat inspectării ţevilor.







Robotul SCORPION Robotul GINGIS Robotul KURT-2 Robotul MAKRO

Fig. 5

Cercetările în domeniul Mecatronicii în România sunt la început. Profesorul Vistrian Mătieş de la UT Cluj-Napoca desfăşoară de câtiva ani o activitate intensă pentru extinderea Mecatronicii în circuitul de cunoaştere şi de instruire atât la nivel de învăţământ superior (unde există unele realizări în marile centre universitare) cât şi la nivelul învăţământului preuniversitar. Există specializări de Mecatronică la Universitătile tehnice din Bucureşti, din Cluj-Napoca, din Braşov, din Timişoara, din Iaşi, există programe naţionale şi internaţionale în domeniul mecatronicii, există competiţii ale studenţilor (Olimpiada de Mecatronică), există firme interesate să stimuleze educaţia în domeniul Mecatronicii (FESTO Didactic).

II.PROBLEME DE MICRO SI NANOTRIBOLOGIE SPECIFICE STRUCTURILOR MECATRONICE

Dezvoltările tehnologice din ultimile decenii, în special în domeniile informaticii, tehnicii aerospaţiale, a mecatronicii etc au condus la extinderea Tribologiei la nivelul micro şi

nanostructurilor, ştiinţele aferente devenind Microtribologie, Nanotribologie, Tribologie moleculară sau Tribologie la scară atomică. Noile domenii au păstrat de la Tribologie doar unele principii fundamentale pentru că fenomenele de frecare, de uzare şi de ungere la scară micro şi nanometrică prezintă numeroase particularităţi faţă de procesele similare din macrosisteme. Astfel, în tribosistemele clasice, masele şi sarcinile sunt mari (mase de ordinul 10^{-3} -10^{4} Kg, şi sarcini de 1 -10^{6} N) şi fenomenele de frecare, de uzare şi de ungere sunt guvernate de legile cunoscute din domeniul Tribologiei. Adică, în esenţă, frecarea poate fi uscată, limită, mixtă sau fluidă, cu valori ale coeficientului de frecare de 0,5 ... 0,001, cu aplicarea celor două legi clasice ale lui Amontons – Coulomb (forţa de frecare nu depinde de suprafaţa în contact şi forţa de frecare este proporţională cu forţa de apăsare, factorul de proporţionalitate fiind numit coeficient de frecare ce depinde doar de natura materialelor în contact, la frecarea uscată şi limită). Frecarea în straturile de lubrifiant este dictată de legea lui Newton în cazul presiunilor de contact reduse sau de alte relaţii în acord cu modelele reologice utilizate astăzi, în special pentru contacte puternic solicitate, cu viteze ridicate.
Uzarea este , în general abrazivă, adezivă, corozivă sau de oboseală de contact. Uzarea apare în majoritatea cazurilor, fiind redusă de creşterea durităţii suprafeţelor în contact sau de asigurarea unor condiţii mai bune de ungere. In macrosisteme, ungerea este asigurată de lubrifianţi lichizi, solizi, plastici sau gasoşi, stratul de separaţie în cazul lubrifianţilor lichizi fiind realizat prin efect HD, EHD, MHD, HS .

In micro si nanotribosisteme, dimensiunile sunt de ordinul de mărime 10^{-9} . 10^{-3} m, masele elementelor sunt de ordinul 10^{-6} – 10^{-3} grame iar forţele sunt de ordinul a 10^{-6} – 10^{-3} N. Uzura este practic nulă în aceste microtribosisteme iar procesele de frecare şi de ungere prezintă legi cu totul diferite ca cele din domeniul macrotribosistemelor.

II.1 FRECAREA ÎN MICRO ŞI NANOTRIBOSISTEME

Dacă în tribosisteme forţele de suprafaţă dominante sunt cele date de frecarea (uscată, limită sau mixtă) sau de frecarea fluidă din straturile de lubrifiant, în cazul microtribosistemelor, prezintă importanţă numeroase forţe de interacţiune la scară atomică, neglijate în tribosisteme:**forte de adeziune**, Se poate demonstra ca raportul dintre forta de adeziune si forta de greutate a unei sfere de raza R pe o suprafata plana este proportionala cu $1/R^2$. Prin urmare, intre o sfrera de 100 microni si una de 1 micron, raportul fortelor de adeziune creste de 10 000 de ori; **forte electrostatice, forte de dispersie ca urmare a electronilor fluctuanti**; **forte Van der Waals ; forte electromagnetice; forte dezvoltate în straturile moleculare de lichid (forţe de tip" Double-Layer", „Charge Regulation", Hydration", „Structural Forces"; forte capilare.**

Forţe de adeziune

Două elemente aflate în contact direct se atrag reciproc, contactul fiind o stare de energie minimă. Pentru desfacerea contactului este necesară o forţă numită **forţă de adeziune.** Forţele de adeziune pot fi pe direcţie normală la suprafeţele aflate în contact atunci când când suprafeţele se îndepărtează sau pot fi pe direcţie tangenţială atunci când suprafeţele sunt în mişcare de alunecare.
Schematic, determinarea celor două tipuri de forţe de adeziune se prezintă în figurile 6 şi 7
Modelul de bază este de tip bilă pe suprafaţă plană.
Astfel, în fig. 6, prin apăsarea plăcii asupra bilei se produce o deformare elastică a resortului iar forţa de apăsare F_n poate fi exprimată cu relaţia:

$$F_n = -k \cdot \Delta z \qquad (1)$$

unde k este constanta de elasticitate a arcului iar Δz reprezintă deformaţia elastică a arcului. Deplasând în sens invers placa, arcul revine la poziţia iniţială şi este întins suplimentar cu deformaţia ($z_{max} - z_0$) ca urmare a forţei de adeziune exprimată de relaţia:

$$F_{ad} = k(z_{max} - z_0) \qquad (2)$$

In fig. 7 suprafaţa plană se deplasează tangenţial în raport cu bila. Ca urmare a adeziunii dintre bilă şi suprafaţa plană, bila se deplasează odată cu placa şi arcul se întinde cu o anumită deformaţie, până când se atinge o valoare maximă a forţei tangenţiale F_{fs} numită forţă de frecare statică sau forţă de frecare de adeziune,

$$F_{fs} = k \cdot x_s \tag{3}$$

După atingerea valorii limită F_{fs} bila se desprinde de pe suprafaţa plăcii căpătând o viteză v_2 diferită de viteza plăcii v_1, bila alunecând astfel peste placă. In aceste condiţii arcul este tensionat cu o forţă mai mică F_{fd}, numită forţă de frecare dinamică.

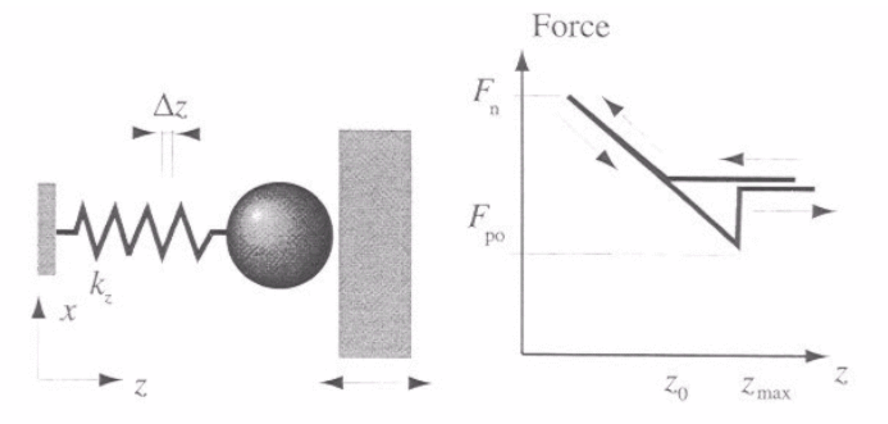


Fig. 6

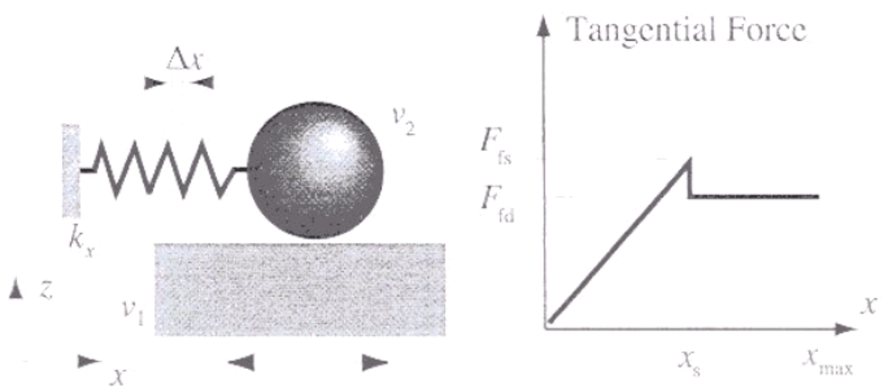


Fig. 7

Alunecările şi de aderenţele se pot repetata succesiv în cazul vitezelor mici de alunecare generându-se fenomenul de Stick – Slip (alunecare sacadată).

In fig.8 este prezentată schema utilizată de Scherge pentru măsurarea forţei normale de adeziune

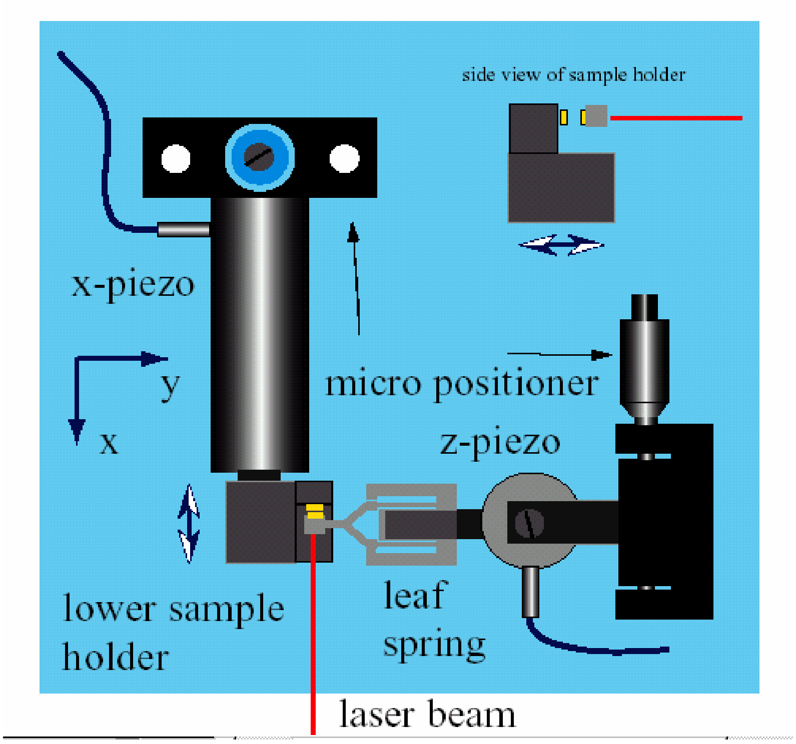


Fig.8

Dispozitivul utilizat cuprinde doi traductori piezoelectrici, unul pentru deplasarea pe direcția axei x (x- piezo) cu o deplasare maximă de *20 µm* şi unul pentru poziționarea pe direcția axei z (z – piezo). Dispozitivul măsoară forța de adeziune dintre două plăcuțe de silicon cu suprafața de 3 mm^2 , cu o rugozitate de $R_a = 1nm$. Una din plăcuțe este fixată la capătul traductorului x-piezo iar cealaltă plăcuță este fixată pe brațul unui arc dublu lamelar, de mare precizie, confecționat din sticlă. In spatele acestei plăcuțe este fixată o oglindă pentru reflectarea razei de laser utilizată pentru măsurare. Forța de adeziune dintre cele două plăcuțe determină deformarea elastică a lamelelor de sticlă iar prin sistemul de măsurare cu oglindă şi rază de laser se obține o precizie dimensională a deformației arcului de până la 1nm, ceea ce înseamnă o precizie a forței de adeziune de *5nN*

In fig. 9 este prezentată dependența forță – deformație la nivelul arcului dublu lamelar. Astfel, în zona (a) cele două plăcuțe se apropie, în zona (b) – (c) plăcuțele vin în contact direct şi sunt apăsate, în zona (c) – (d) plăcuțele sunt îndepartate. Prin îndepărtarea celor două plăcuțe, ca urmare a aderenței se produce încovoiere în sens invers a lamelelor elastice până la desprinderea completă a celor două plăcuțe. Forța de sens invers astfel măsurată reprezintă forța de aderență şi este notată în figură cu F_a.

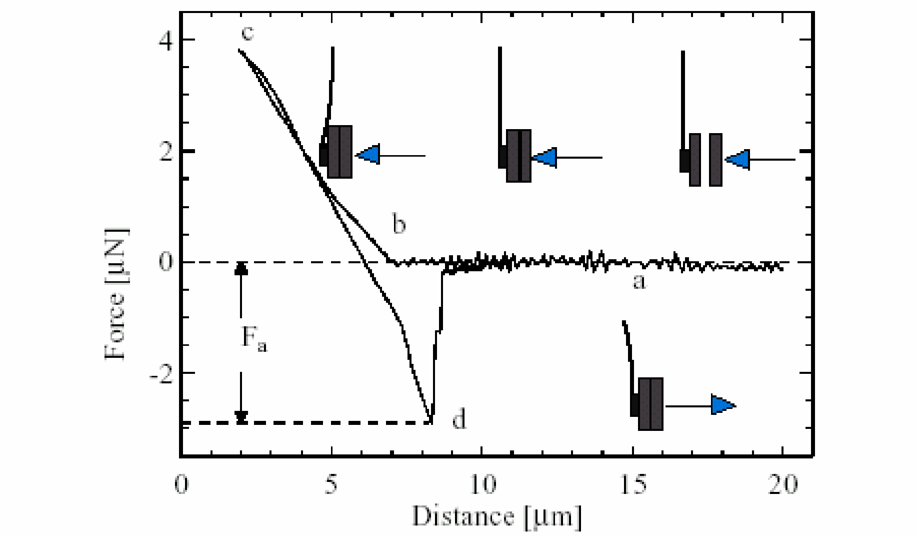


Fig. 9

Adeziunea suprafețelor în contact la scară micro este dată de 4 categorii de forțe de suprafață:

- forțe moleculare;
- forțe electrostatice;
- forțe capilare;
- forțele exterioare;

Ordinul de mărime al acestor forțe este prezentat în fig. 10 pentru o sferă din silicon în contact cu o suprafață plană din silicon .

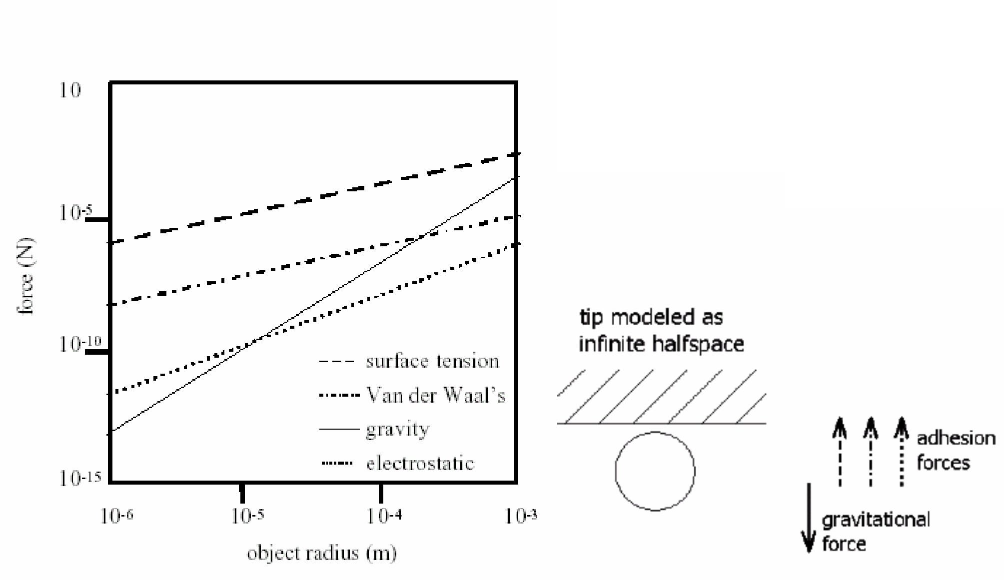


Fig. 10

Forțele moleculare sau **forțele de tip van der Waals** se dezvoltă la distanțe dintre suprafețe mai mici de 10 nm. Pentru cazul sferă/plan, când suprafețele au rugozități de câțiva nanometri, forța de adeziune van der Waals este dată de relația:

$$F_{aw} = \frac{h \cdot r}{8 \cdot \pi \cdot z^2} \qquad (4)$$

unde *h* este constanta van der Waals, *r* este raza sferei iar *z* este distanță de separație dintre sferă şi plan. Indepărtarea suprafețelor ca urmare a prezenței rugozitățilorduce la scăderea pronunțată a acestei forțe .

Forța electrostatică ce se dezvoltă între o sferă cu rază *r* încărcată cu sarcina electrică *q* şi o suprafață plană poate fi estimată cu relația:

$$F_{ae} = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot (2r)^2} \qquad (5)$$

unde ε este permitivitatea electrică a mediului ce separă bila de suprafața plana.

Forța capilară. Apa din atmosferă condensează pe suprafețele elementelor în contact în straturi de grosime de până la zeci de nanometri. Suprafețele ajunse în contact sunt atrase de presiunea Laplace cauzată de efectul de capilaritate. Astfel, pentru cazul unei sfere pe o suprafață plană, fig.7, presiunea Laplace este dată de relația:

$$\Delta p = \gamma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \qquad (6)$$

unde γ este energia superficială, pentru apă $\gamma = 72 \cdot 10^{-3}\, N/m$ iar razele r_1 şi r_2 sunt indicate în fig. 7. Aria acoperită de lichid este: $A_l = \pi \cdot r_2^2$ iar forța capilară poate fi scrisă :

$$F_c = \Delta p \cdot A_c \qquad (7)$$

Dacă h_l este grosimea meniscului de apărazele r_1 şi r_2 pot fi exprimate în funcție de h_l iar relația (7) devine:

$$F_c = 2\cdot\pi\cdot R\cdot\gamma\cdot\left(2+\sqrt{\frac{h_l}{2\cdot R}}\right) \qquad (8)$$

In aplicațiile practice ***h_l* <<*R*** , iar forța capilară capătă expresia simplificată:

$$F_c = 4\cdot\pi\cdot R\cdot\gamma \qquad (9)$$

Pentru cazul a două bile în contact, cu razele R_1 şi R_2 , forța capilară este dată de relația:

$$F_c = 4\cdot\pi\cdot R^*\cdot\gamma \qquad (10)$$

unde R* este raza de curbură echivalentă $R^* = \left[\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right]^{-1}$.

Aşa cum se poate vedea din fig. 10, efectul de capilaritate domină adeziunea între suprafețe la scară micro şi nanometrică.

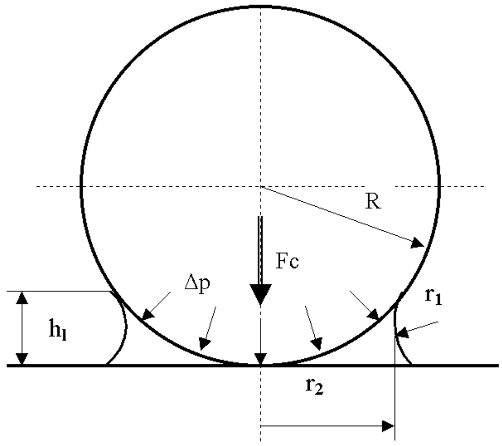


Fig.11

Intr-un micro sau nanotribosistem de tip bilă/plan, încărcat cu o forță normală Q_0, ca urmare a forțelor de adeziune, aria de contact A_c este dată de relația Johnson-Kendall-Roberts (JKR) :

$$A_c = \pi\cdot\left[\frac{R}{E^*}\cdot\left(Q_0+6\cdot\pi\cdot\gamma\cdot R+\sqrt{12\cdot\pi\cdot\gamma\cdot R\cdot Q_0+(6\cdot\pi\cdot\gamma\cdot R)^2}\right)\right]^{2/3} \qquad (11)$$

unde E* reprezintă modulul de elasticitate echivalent dat de relația:

$$E^* = \left(\frac{3}{4}\left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1}+\frac{1-\nu_2^2}{E_2}\right)\right)^{-1} \qquad (12)$$

In absența unei forțe normale de apăsare, bila aderă pe suprafața plană şi pentru a o putea desprinde trebuie acționat asupra ei cu o forță:

$$F_{ad} = -3\pi\cdot\gamma\cdot R \qquad (13)$$

Prezența adeziunii modifica relația clasică a lui Amontons pentru forța de frecare ($F_f = \mu\cdot Q$).
Astfel, forța de frecare în prezența adeziunii se poate exprima cu ajutorul relatiei:

$$F_f = \tau_c\cdot A_c + \mu\cdot Q \qquad (14)$$

unde τ_c reprezintă o tensiune de forfecare critică (considerată a fi constantă) iar $A_c = \pi r^2$ este aria de contact.
Astfel, relația (14) sugerează că frecarea este **controlată atât de adeziune** cât şi **de sarcină**.
Pentru zona micro şi nanometrică, deci pentru sarcini mici, forța de frecare este dată numai de componenta de adeziune:

$$F_f = \tau_c \cdot \pi \cdot \left[\frac{R}{E^*} \cdot \left(Q + 6 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot R + \sqrt{12 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot R \cdot Q \ + (6 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot R)^2} \right) \right]^{2/3} \quad (15)$$

Pentru zona macro, la solicitări mari, forța de frecare este dată de legea lui Amontons:

$$F_f = \mu \cdot Q \quad (16)$$

Influenta apei asupra frecarii in micro si nanotribosisteme

In funcție de natura suprafețele elementelor în contact **, hidrofile** – capabile să absoarbă apa din atmosferă **sau hidrofobe –** cu capacitate redusă de a absorbi apa din atmosferă, straturile de apă depuse variază de la zeci de nanometri grosime până la câteva rânduri de molecule de apă (un strat de molecule de apă are aprox. 0,25 nanometri. Masurători făcute de Opiz pe suprafețele unui microtribosistem de alunecare de tip sferă/plan, confecționat din silicon Si(100) au pus în evidență influența presiunii aerului, a temperaturii sau a umidității asupra straturilor de apă depuse din atmosferă pe suprafețe hidrofile şi hidrofobe. In fig. 12 este prezentată influența presiunii aerului.

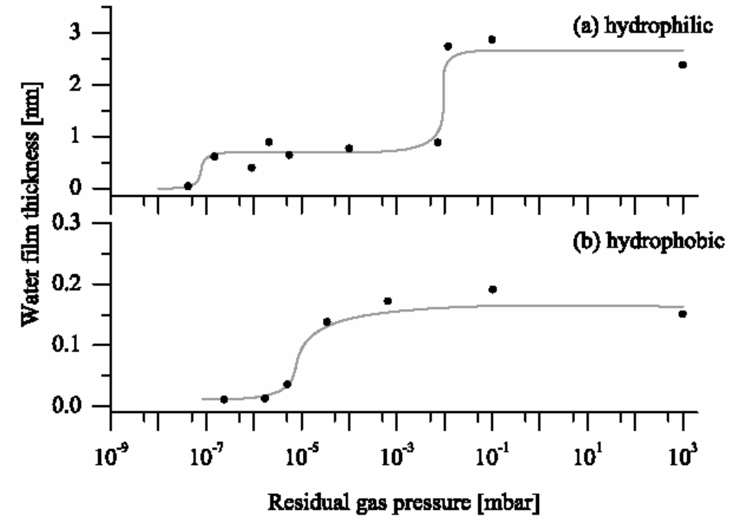


Fig. 12

In condiții de presiune normală atmosferică, pe suprafețele hidrofile se depun cel puțin 10 rânduri de molecule de apă (ajungând şi la 50 de straturi de molecule sau chiar mai mult) în timp ce pe suprafețele hidrofobe se depune doar unul sau două straturi de molecule de apă.

Prezența straturilor de molecule de apă influențează puternic frecarea la scară micro şi nanometrică. Astfel, după cum se poate vedea în fig. 13, când microtribosistemul bilă/ plan este încărcat cu forța normală de **60nN,** la presiune normală, atmosferică**,** forța de frecare este de aprox. 20 de ori mai mare în cazul suprafețelor hidrofile, cu straturi groase de apă depusă, decât în cazul suprafețelor hidrofobe pe care sunt depuse doar câte un rând de molecule de apă. Raportând forța de frecare la forța de apăsare se obțin valori ale coeficientului de frecare cu mult peste 1 ($\mu = 5...7$).

Valorile mari ale forțelor de frecare se explică prin dominanța efectelor capilare, atunci când pe suprafețe există depuse mai multe rânduri de molecule de apă. In fig. 14 se prezintă existența a trei zone distincte de frecare în microtribosisteme, atunci când presiunea scade de la valoarea normală la valoarea de 10^{-10} bar.

Astfel, la grosimi de câteva straturi de molecule de apă (peste 0,7 nm) dominante sunt forțele capilare. Pentru grosimi mai mici de 2-3 rânduri de molecule de apă (sub 0,7 nm) frecarea este dominată de efectele de vâscozitate iar pentru presiuni sub 10^{-10} bar, frecarea este practic uscată, de tip solid-solid.

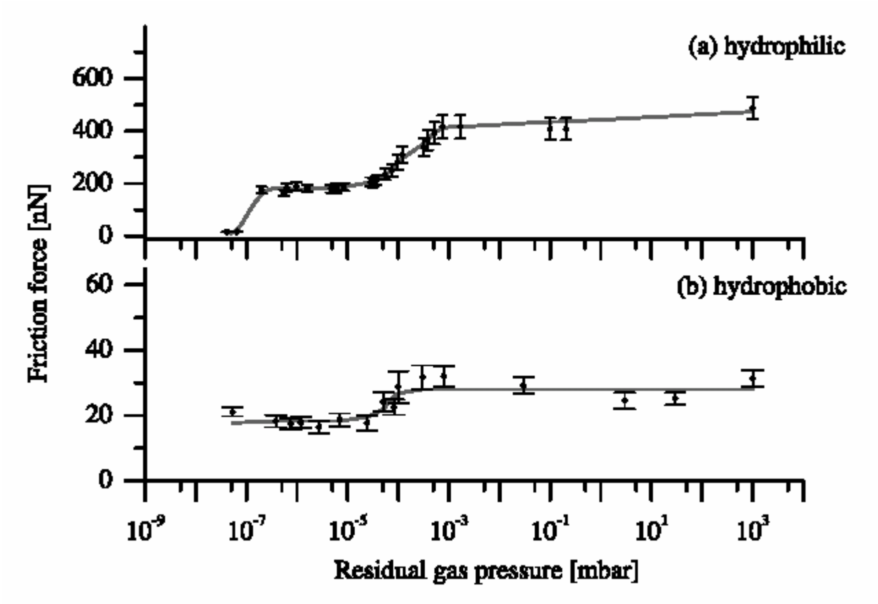


Fig. 13

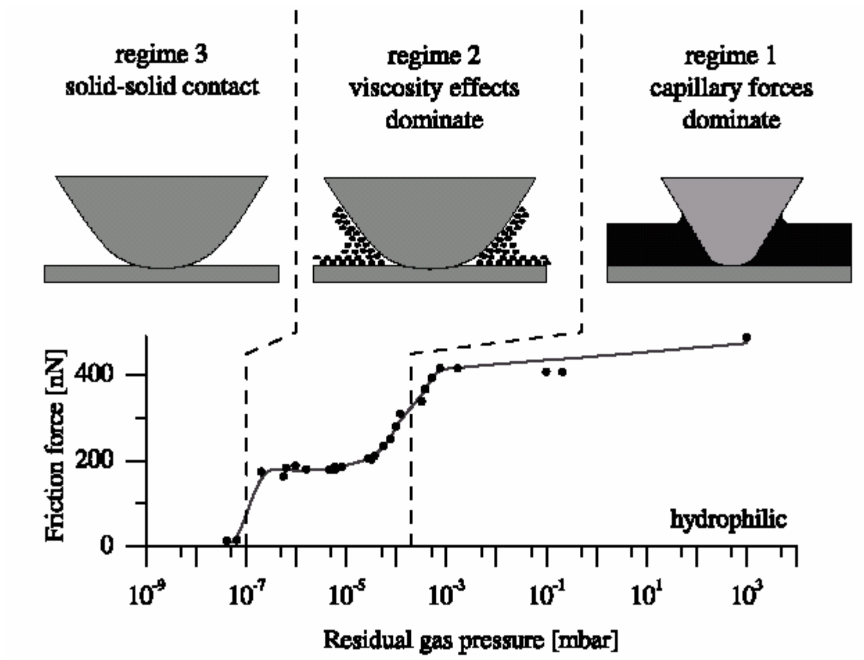


Fig. 14

Influența capilarității asupra forței de frecare se poate vedea şi din fig. 15. Astfel, în zona a) suprafețele sunt depărtate astfel încât efectul capilarității nu se manifestă iar forța de frecare este zero.. In zona b), apropierea bilei de suprafața plană face să se dezvolte punți de capilaritate între cele două suprafețe, cu creşterea accentuată a forței de atracție şi, implicit, cu creşterea forței de frecare. Apropierea în continuare a celor două suprafețe , zona c), înseamnă o creştere mult mai mică a forței de frecare până la contactul direct solid/solid. Zona d) sugerează variația forței de frecare atunci când suprafețele sunt îndepărtate.

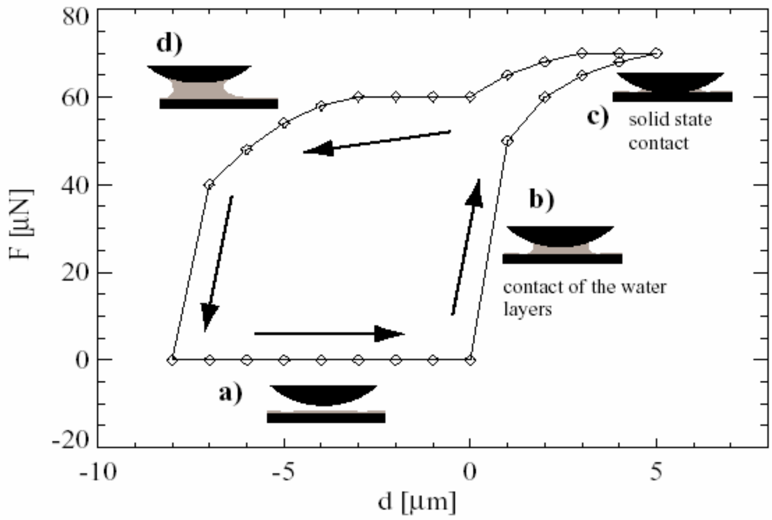


Fig. 15

Straturile de apă depuse pe suprafețele hidrofile, la presiune normală, atmosferică, sunt mai mari sau mai mici, funcție de temperatura şi umiditatea mediului. Determinări ale forțelor de frecare în funcție de temperatură şi de umiditate pun în evidență variații mari ale grosimii straturilor depuse, aşa cum se vede în fig.16 .

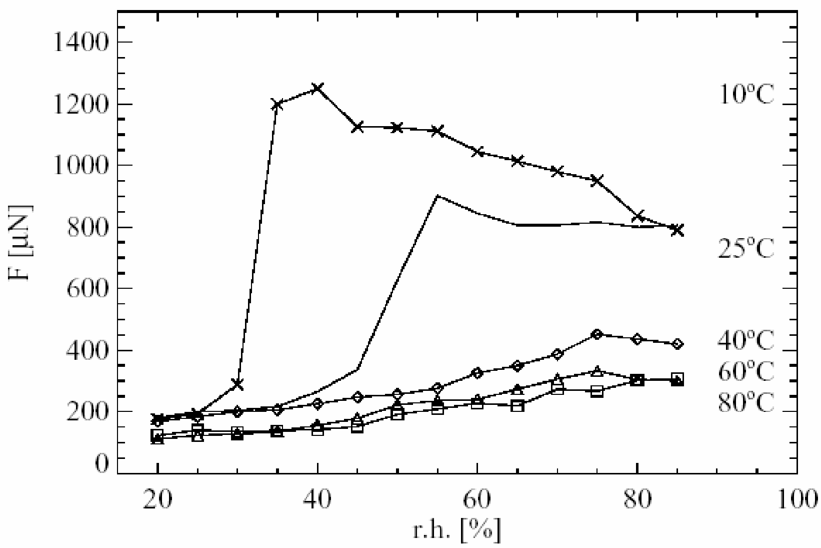


Fig. 16

Două concluzii importante se desprind:
1. La temperaturi de până la 20 – 25 de grade, umiditatea din atmosferă influențează puternic frecarea în micro si nanotribosisteme atunci când depăşeşte (30-35)%. Se pot observa creşteri de 5-6 ori ale forțelor de frecare .
2. La temperaturi mai mari de 40^0C, creşterea umidității aerului influențează în mică măsură creşterea frecării în micro si nanotribosisteme.
La suprafețele hidrofobe temperatura şi umiditatea influențează nesemnificativ frecarea în micro şi nanotribosisteme.

O prezentare schematică a evoluției forței de frecare în funcție de distanța dintre suprafețe (măsurată în unități atomice) este făcută în fig. 17.

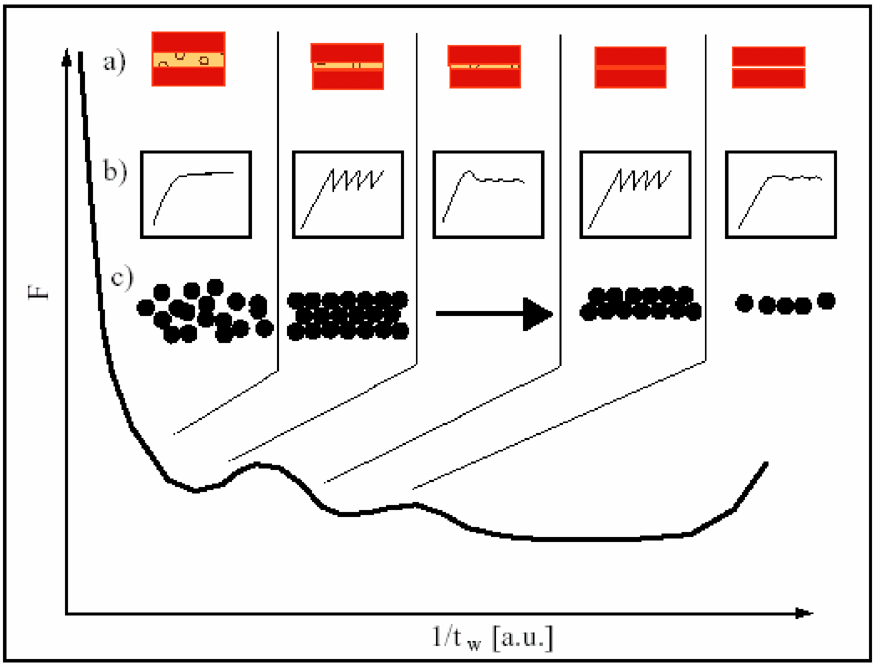


Fig. 17

La straturi groase de apă aderată pe suprafețe frecarea este mare şi este dictată de efectele capilare. Reducerea straturilor de molecule de apă aderente la suprafețele în contact are ca efect reducerea forțelor de frecare până la o valoare minimă corespunzătoare unor straturi limită de câte 2 rânduri de molecule pe fiecare suprafață.. Reducerea în continuare a straturilor de molecule de apă duce la creşterea frecării şi trecerea în zona frecării uscate.

Masurarea forțelor normale şi tangențiale impune utilizarea unor aparate cu posibilitatea de a sesiza forțe de ordinul de mărime a 10^{-9}N. Unul dintre aceste aparate, denumit SFA, a fost dezvoltat încă din 1972 de către Israelachvili şi Tabor, ulterior dezvoltându-se variante îmbunătățite (Klein-1980,Horn-1985,Peachey –1991). In figurile sunt prezentate unele principii de măsurare ale acestor aparate.

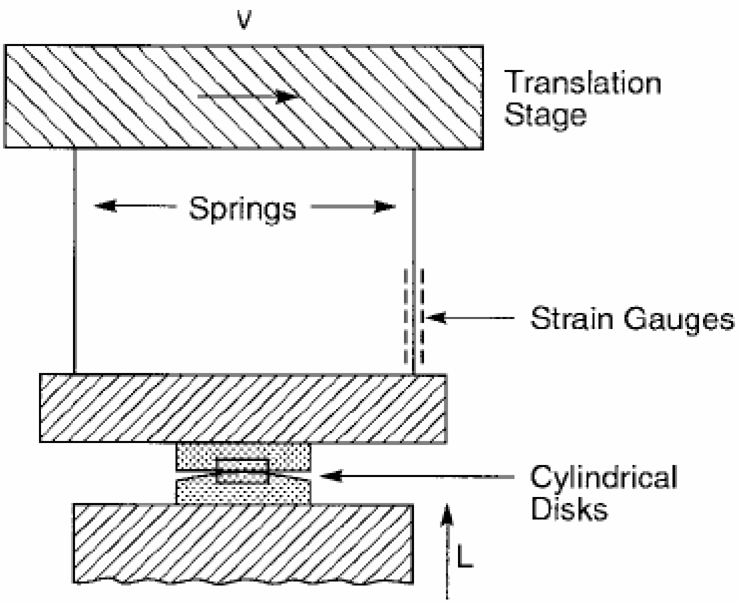


Fig.18

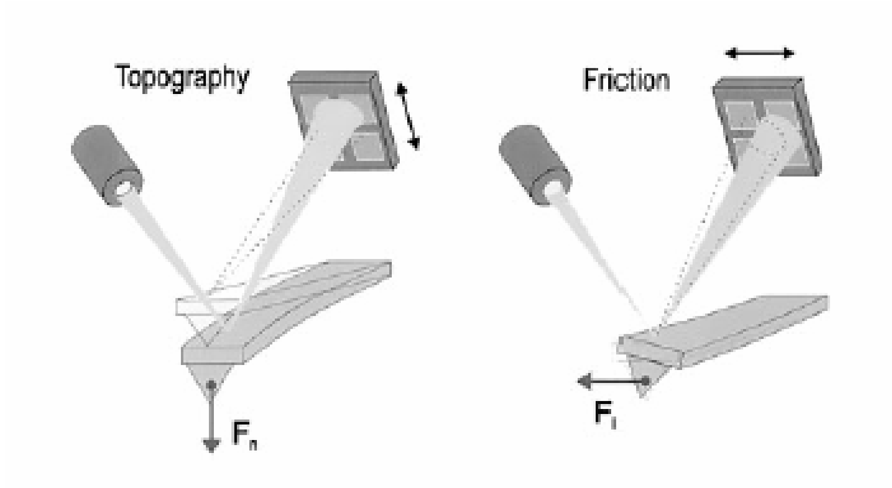


Fig.19

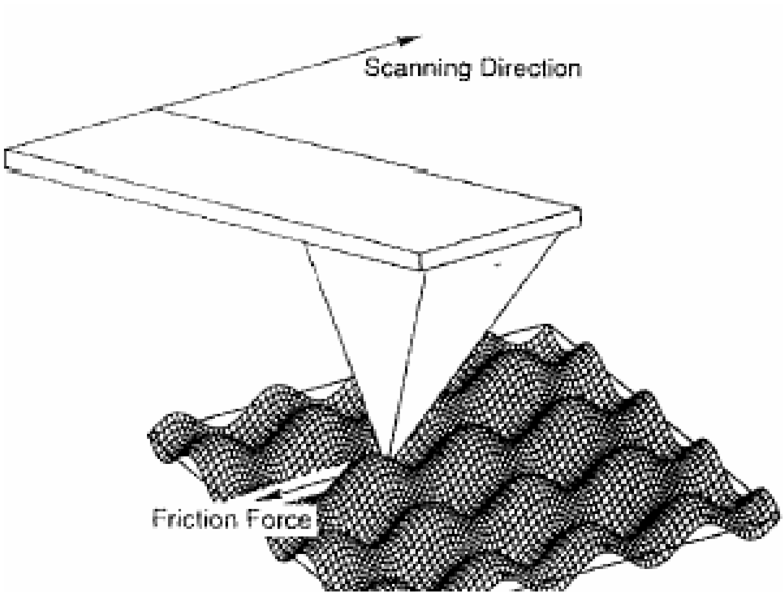


Fig.20

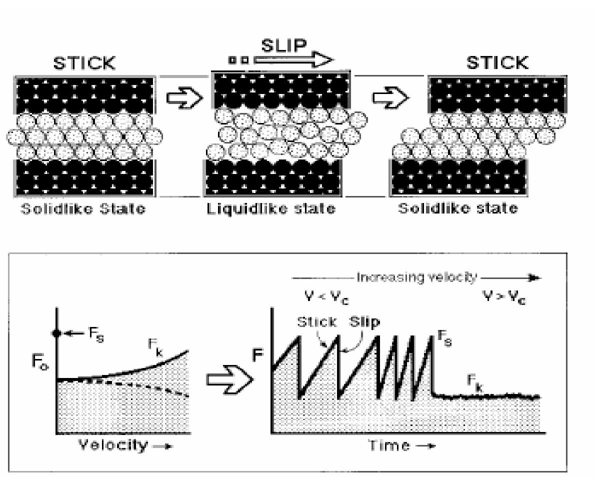


Fig. 21

Cu ajutorul unei fototdiode segmentată în 4 se pot detecta deformațiile elastice ale lamelei pe două direcții – **pe direcția forței normale si pe direcția forței tangențiale. Precizia de măsurare este de 0.02 nN (nanoMewton)**
Fenomenul de stick – slip este mult întâlnit în microtribosisteme, forțele de aderență având un rol împortant. In fig. 21 este prezentat schematic modul de dezvoltare a fenomenului de stick-slip

II.2 UNGEREA IN MICROSTRIBOSISTEME

Proprietățile fluidelor cuprinse între două suprafețe solide sunt puternic modificate de distanța de separație dintre suprafețe. Astfel, la distanță de câteva rânduri de molecule, vâscozitatea lichidelor creşte de câteva ordine de mărime. Teoriile HD şi EHD valabile pentru macrosisteme nu mai sunt valabile aici. Au început sa fie dezvoltate alte teorii bazate pe echilibrul filmelor formate dintr-un număr de molecule sferice, sau din lanțuri de molecule. In plus, recentele cercetări experimentale par să pună în evidență faptul că ipoteza ca moleculele de lubrifiant aderente la suprafață să aibă viteza suprafeței nu mai este valabilă. **Straturile limită în microtribosisteme sunt formate prin adsorbție fizică (straturi momo si polimoleculare), prin adsorbție chimică (straturi moleculare), prin reacții chimice (straturi de grosimi mari).**
Stabilitatea şi durabilitatea acestor straturi scade în următoarea ordine: straturile de reacție, straturile cimiosorbite şi straturile adsorbite . Distrugerea în timp a straturilor limită şi reducerea numărului de straturi dintre cele două suprafețe în contact conduce la creşterea forțelor de frecare,
Tehnicile de măsurare a straturilor foarte subțiri de lubrifiant au cunoscut o puternică dezvoltare în ultimii zece ani, tehnicile de investigație cu interferometrie optică fiind astazi capabile să determine straturi de lubrifiant de grosime 1 – 500 nm (firma PCS Instruments, Anglia în cooperare cu Leeds University). Astfel, sistemul de măsurare UTMS (EHL Ultra Thin Measurement System) oferă informații de mare fidelitate, cu precizie de nanometri privind grosimea filmului EHD.

II.3. REZISTENȚA LA UZARE

Asigurarea durabilității şi fiabilității sistemelor mecatronice în raport cu procesele micro şi nanotribologice presupune funcționarea cu „uzare zero”. importante sunt, în egală măsură, preciziile de lucru ale microsistemelor, utilizarea materialelor adecvate, utilizarea straturilor de lubrifiant, utilizarea acoperirilor cu straturi rezistente la uzare. In acest sens, este de remarcat Programul Federal **Design and Manufacturing of Active Microsystems dezvoltat în Germania,** în ultimii ani pentru dezvoltarea unor tehnologii de acoperiri pe suprafețele active ale microactuatorilor şi ale altor structuri MEMS. Astfel, prezintă mare interes realizarea practică a acoperirilor pe straturi de polymer (prin tehnicile de acoperire PVD, CVD, PECVD) cu nitrură de bor (BN),carbonitride (CNx), alumina (Al2O3) etc, cu grosimi de 20 – 500nm, cu durități de 10 - 50 GPa, cu valori ale coeficientului de frecare sub 0,1.

Bibliografie

[1] **Olaru, D**. *Elemente de micro si nanotribologie in sisteme mecatronice,* note curs pentru anul V specializarea Mecatronica, 2004-2005;
[2] **Olaru, D**. *Tribologie*, Litografia U.T.Iasi, 1993
[3] **Scherge,M. and Gorb, S**., 2001, *Biological Micro- and Nano- tribology. Nature's Solution,* Springer, Berlin.
[4] **Opiz,A.,Ahmed,S.,Schaefer,J.A. and Scherge,M.,** 2002, Friction of the thin water fils: a nanotribological study, Surface Science vol.504, pp.199-207.
[5] **Bhushan B**., 1999, *Handbook of Micro/Nano Tribology*, Ed.2, CRC Press LLC.

SENZORI SI TRADUCTOARE

Masurarea este operatia care a permis omului sa avanseze pe calea cunoasterii, fiind principalul criteriu in verificarea ipotezelor sale. Lumea moderna nu poate fi imaginata fara mijloace de masurare sigure, exacte si tot mai inteligente.
Dorinta fiecaruia este sa obtina rezultatele masuratorilor cât mai exact, in mod rapid si ieftin, care sa-i asigure un anumit confort si daca se poate si cu un efort minim.

Informatica, electronica si microelectronica, noile metode tehnologice de prelucrare mecanica la nivel micro si nanometric au permis evolutii spectaculoase in mai toate domeniile in care trebuie sa se efectueze masuratori, acestea evoluând de la o zi la alta
(mijloace de transport cu dispozitive inteligente de control, roboti industriali, aparatura medicala de investigatie etc.).

Se poate aprecia ca aproximtiv 80% din premiile Nobel, acordate in domeniul stiintific, au adus contributii esentiale in domeniul fundamentelor unor metode si principii de masurare (ex: rezonanta magnetica in domeniul medical)

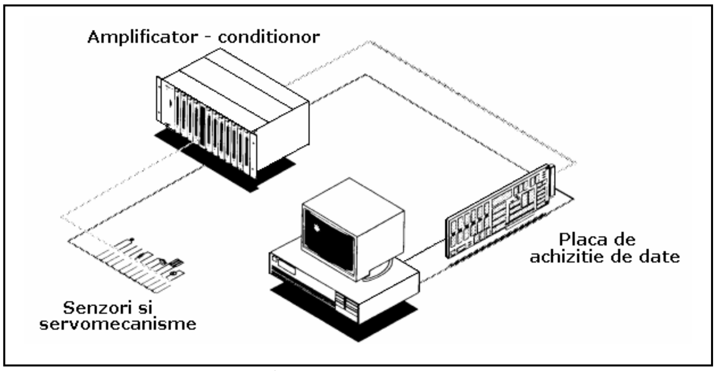


Figura – 1

Calculatoarele personale (PC) sunt indispensabile, la ora actuala, in procesele de masurare. Ele sunt utilizate pentru:
achzitia de date din sistemele industriale; reglajul si supravegherea unor parametri sau instalatii (procese); realizarea unor mijloace de masurare cu performante ridicate etc. Pentru realizarea unei masuratori este necesara realizarea unui lant de masura.

1. LANȚ DE MĂSURĂ

Un ***lanț de măsură*** include: *măsurandul, mijlocul de măsurare şi receptorul.*
Schema bloc a unui lanț de măsură este prezentată în Figurile 1 si 2.

1.1. Structura unui lanț de măsură

Obiectul care urmează a fi măsurat sau fenomenul care urmează a fi analizat pune în evidență o mărime fizică, în mod obişnuit inaccesibilă şi / sau imposibil de evaluat cantitativ pentru om.

Ex.: Temperatura, deformația etc.

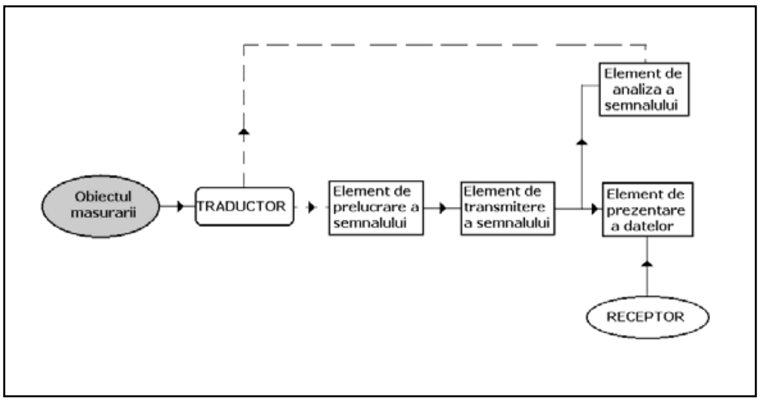


Figura - 2.
Schema bloc a unui lanț de măsură

1.2. Traductorul

1.2.1. Clasificare

Traductorul este un echipament complex care transformă o mărime de măsurat într-o altă mărime, de aceeaşi sau de altă natură fizică, aptă de a fi prelucrată de sistemele de prelucrare a datelor sau de automatizare. Traductoarele pot fi clasificate în funcție de principiul de funcționare, natura mărimii măsurate, forma mărimii de ieşire, Figura -3.

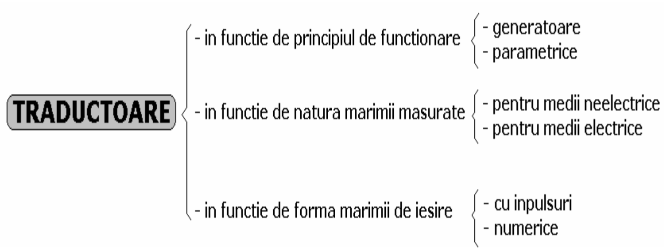


Figura 3 - Clasificarea traductoarelor

În componența oricărui traductor se disting următoarele elemente (Figura 4):

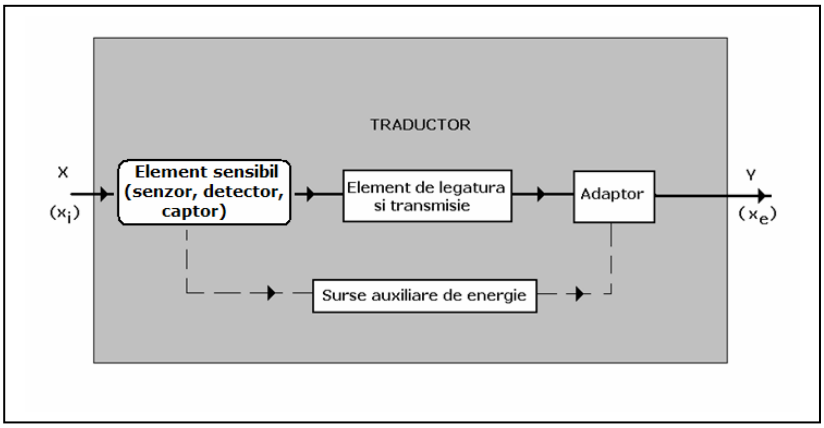


Figura 4 – Structura unui traductor

[x sau x_i ≡ semnal de intrare, y sau x_e ≡ semnal de iesire]

Sursa auxiliara de energie si adaptorul pot fi si in exteriorul traductorului.

Traductoarele generative transformă direct energia mărimii de măsurat într-o energie asociată mărimii de ieşire, în mod obişnuit în energie electrică *(Ex.: traductor de forță piezoelectric, traductor tahogenerator de turație etc.).*

Traductoarele parametrice permit modificarea sub acțiunea mărimilor de măsurat a unui parametru, caracteristic unui circuit electric *(Ex.: termorezistențele, traductoare rezistive, capacitive etc.)*

Traductoarele analogice realizează dependența, de obicei, liniară (sau neliniară) dintre mărimea fizică măsurată (de intrare) $\mathbf{x_i}$ şi mărimea rezultantă la ieşire $\mathbf{x_e}$.

(Ex.: $U = K \cdot n$ - dependența liniară dintre tensiune şi turație în cazul traductoarelor de turație de tip tahogenerativ).

Traductoarele cu impulsuri se caracterizează prin aceea că mărimea de ieşire $\mathbf{x_e}$ este o succesiune de impulsuri modulate în amplitudine, timp sau frecvență, în funcție de mărimea de intrare (Ex.: traductoare electro - optice pentru măsurarea turației).

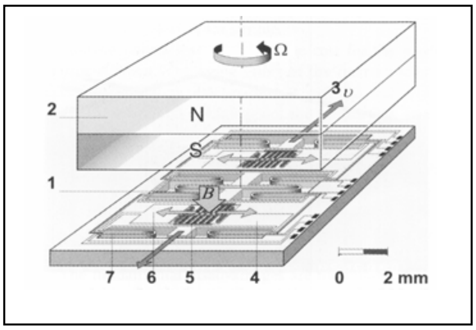
Traductoarele numerice prezintă rezultatul unei măsurări sub forma unui număr, ca urmare a numărării unei succesiuni de impulsuri codificate.

1.2.2. Elementul sensibil (**ES**) al unui traductor (cunoscut şi sub denumirea de detector, captor sau **senzor**) este special proiectat pentru a sesiza orice modificare a obiectului sau fenomenului analizat la acțiunea unei mărimi fizice, proces chimic sau biologic.

El are proprietatea de a detecta numai mărimea $\mathbf{x_i}$, eliminând sau reducând pe cât posibil influențele pe care le exercită asupra sa toate celelalte mărimi fizice existente în mediul respectiv. Functiile sale sunt similare cu simturile omenesti (sesizeaza, simte, percepe, detecteaza, distinge etc.).

Daca omul poate percepe prin intermediul organelor specializate: caldura, lumina, sunetele, culorile, mirosurile si gusturile, senzorii pot detecta fenomene care nu pot fi detectate prin simturile omenesti *(ex: senzor pentru momooxid de carbon).*

Principiile de functionare sunt rezultatul cercetarilor din domeniile: fizicii, chimiei, matematicii, biologiei, informaticii, electronicii, mecanicii etc. Nivelul actual al tehnologiei permite realizarea de senzori cu dimensiuni de ordinul zecimilor de milimetru.



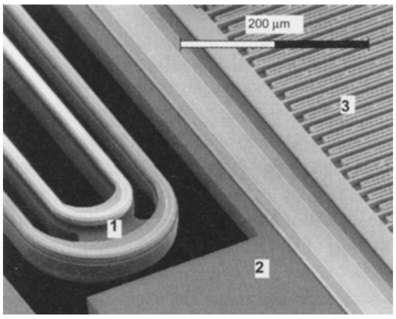


Figura 5 - Senzor pentru acceleratii Coriolis – dimensiuni comparative (Robert Bosch GmbH)

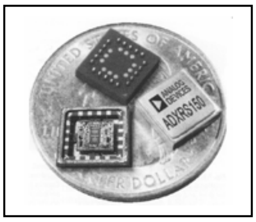


Figura 6 – Traductor pentru acceleratii Coriolis – dimensiuni comparative (Analog Devices)

Aceste miniaturizari au fost posibile datorita tehnologiilor de prelucrare mecanica, electrica, termica si chimica a siliciului sub forma de placute semifabricat, ceea ce a condus la aparitia unor noi tipuri de senzori - MEMS (microelectromechanical systems). Functionarea in conditii de confort si siguranta a automobilelor moderne, de exemplu, nu ar fi posibila fara a apela la acesti senzori de tip MEMS.

Clasificarea traductoarelor (Figura 3) are la baza, in fond, principiul de functionare a senzorului. Practic elementul vital, dintr-un lant de masura, din punctul de vedere al preluarii corecte a informatiei, il constituie senzorul. Calitatea informatiei, insa, este datorata si celorlalte dispozitive din componenta lantului de masura.

Schematic in Figura 7 sunt prezentate câteva tipuri de senzori generativi, iar in Figura 8 câtiva dintre senzorii care pot fi inclusi in componenta automobilelor moderne.

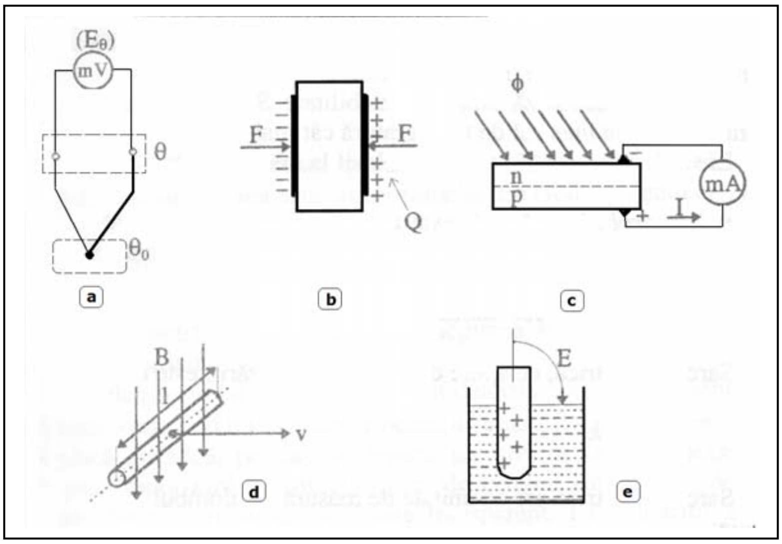


Figura 7 – Exemple de senzori generativi

a- senzor termoelectric (termocuplu);

b - senzor piezoelectric;

c- senzor fotoelectric;

d - senzor inductiv;

e- senzor electrochimic

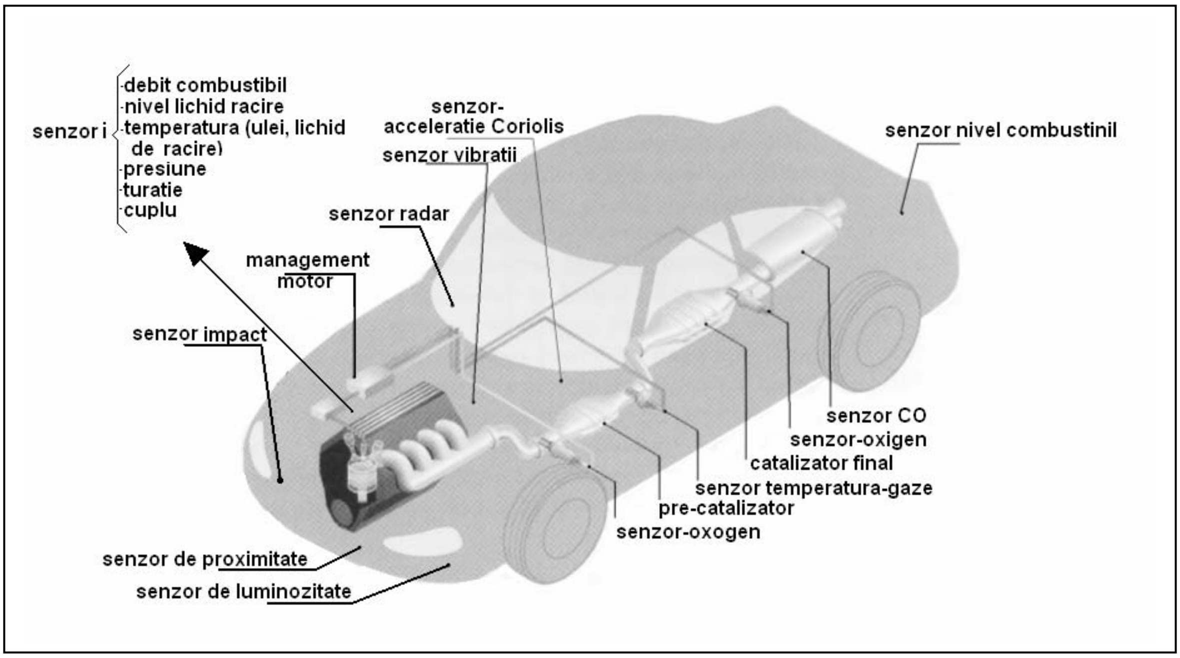


Figura 8 – Tipuri de senzori si amplasarea lor pe un automobil

1.2.3. Adaptorul (A) este cel de al doilea element important al traductorului. El prelucrează semnalul brut de la ieşirea din senzor, conform cerinţelor impuse de aparatura de măsură sau de automatizare, care constă în mod curent într-o adaptare de **nivel** sau de **putere** (impedanţă).
În funcţie de elementele constructive comune impuse de tipurile de semnale furnizate la ieşire, adaptoarele pot fi grupate în două categorii: **electrice** (electronice) şi **pneumatice**.
De asemenea, în funcţie de tipul elementului sensibil ele pot fi analogice sau parametrice.
Adaptorul furnizează la ieşire semnale unificate, adică curenţi sau tensiuni continue, variind între anumite limite (de ex.: (0,5 ÷ 5)[mA]; (2 ÷ 10) [mA]; (4 ÷ 20) [mA]; (0 ÷ 10) [V]; (0 ÷ 20)[V];(-10 ÷ +10)[V]) indiferent de natura şi domeniul de variaţie a mărimii aplicate la intrarea traductorului.
Prin calibrare se realizează acea corespondenţă (lege de dependenţă) dintre fiecare nivel de semnal de ieşire din adaptor şi fiecare valoare a mărimii măsurate.
Introducerea calculatoarelor în lanţurile de măsură a permis realizarea de adaptoare capabile să realizeze conversia analog - numerică a semnalului cu ajutorul unor coduri.
Cele mai utilizate coduri sunt:

- binar natural cu 8, 10, 12 sau 16 [biţi];
- binar codificat zecimal cu 2, 3 sau 4 decade.

1.2.4. Caracteristicile şi performanţele generale ale traductoarelor si senzorilor

Atunci când se achizitioneaza un traductor sau un senzor, aprioric trebuie sa se cunoasca o serie de parametri carora trebuie sa le corespunda aceste produse. Acesti parametri cunoscuti si sub denumirea de parametri metrologici sunt in concordanta cu: locul de amplasare (dimensiuni, mediul de lucru, nivelul de variatie a marimii analizate), precizia, modul de conectare, marimile semnalelor de iesire, modul de protejare (mecanic, magnetic, electric, radioactiv, termic etc.), diagrama de etalonare etc. In ***Anexele 1*** si ***2*** sunt prezentate prospectele a doi senzori din domenii diferite, unul pentru masurarea fortei si altul pentru masurarea temperaturii.

Caracteristica funcţională a unui senzor sau a unui traductor evidenţiază relaţia de dependenţă dintre mărimile de intrare şi cele de ieşire, în regim staţionar cât şi dinamic.
În regim staţionar, caracteristica funcţională a unui traductor este caracterizată prin menţinerea neschimbată a parametrilor de intrare şi de ieşire, spre deosebire de regimul dinamic în care parametrii amintiţi variază în timp.
Datorită analogiei dintre funcţionarea unui instrument şi a unui traductor, cât şi a faptului că măsurările în regim staţionar sunt cunoscute sub denumirea de măsurări statice, **caracteristica traductoarelor în regim staţionar este cunoscută sub denumirea de *caracteristica statică*.**

1.2.4.1. Caracteristici statice

Fie un traductor amplasat într-un mediu care acţionează asupra sa printr-o serie de factori perturbatori externi ξ_1 , ξ_2 ... ξ_n (temperatură, presiune, câmpuri electrice şi magnetice, umiditate, radiaţii etc.).

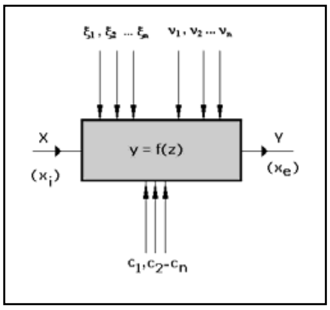


Figura - 9
Schema funcţională a unui senzor sau traductor

Simultan, funcţionarea traductorului poate fi influenţată şi de o serie de factori perturbatori externi $\zeta_1,\zeta_2,\ \zeta_n$ si interni ν_1 , ν_2 ... ν_n (frecări în lagăre, zgomote generate de semiconductori şi rezistori, pierderea elasticităţii unor materiale datorită îmbătrânirii materialelor în timp sau a oboselii acestora în timpul funcţionării etc.).

Pentru o funcţionare corectă a traductorului, aflat sub acţiunea factorilor perturbatori amintiţi, se impune adaptarea caracteristicii sale în vederea liniarizării acesteia pe domenii, prin utilizarea unor elemente de reglaje şi comandă c_1 , c_2 ... c_n (alegerea domeniului, a sensibilităţii, calibrarea internă, reglarea zeroului, echilibrarea la comparaţie simultană etc.). În acest context, caracteristica statică a unui traductor este o funcţie complexă dependentă de parametrii amintiţi: $y = f(x;\xi_1;\xi_2;..\xi_n;\nu_1;\nu_2;..\nu_n)$

Caracteristica reală a unui traductor se apropie de cea ideală cu atât mai mult cu cât sensibilitatea utilă a traductorului $\frac{\partial f}{\partial x}$ este mai mare, iar sensibilităţile parazite $\left(\frac{\partial f}{\partial \xi_i}\right)_{i=1...n}$ si $\left(\frac{\partial f}{\partial \nu_i}\right)_{i=1...n}$ sunt mai mici.

Datorită acestor cerinţe impuse de posibilităţile de prelucrare a informaţiilor de reglare a unor procese, se doreste ca aceste caracteristici să fie liniare în total sau liniarizate pe porţiuni şi mai rar neliniare.

Pentru traductoarele analogice, forma uzuală a caracteristicilor statice este o dreapta $y = k(x - x_0) + y_0$ în care x_0 şi y_0 pot lua diverse valori negative, pozitive şi inclusiv zero. In cazul traductoarelor cu ieşiri numerice, caracteristica statică este cvasiliniară - Figura 10. Nu toate caracteristicile sunt liniare, dar pot fi liniarizate matematic sau electronic cu anumite erori. Reprezentarea caracteristicii statice în cazul de faţă este convenţională (în abscisă se consideră intervale de cuantificare **Δx,** iar în ordonată mărimi echivalente ale valorilor din sistemul de numeraţie zecimal al codului adoptat).

Dacă se face abstracţie de discontinuităţile introduse de operaţia de cuantificare, caracteristica poate fi considerată liniară.

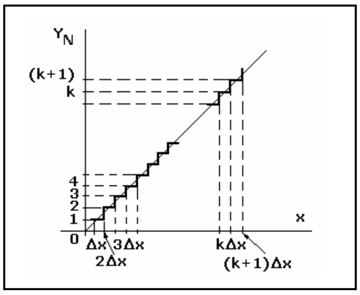


Figura - 10
Caracteristica statică pentru traductorul cu ieşiri numerice.

1.2.4.2. Indicatori de calitate

Calitatea unui traductor poate fi evaluată pe baza unor indicatori denumiţi indicatori de calitate.

a) Eroarea de neliniaritate şi histerezis

În cazul domeniilor largi de variaţie ale mărimilor de intrare, caracteristicile unor traductoare sunt neliniare. În această situaţie se utilizează traductorul, fie pe domenii limitate ale caracteristicii(în care abaterea de la liniaritate este redusă), fie se reduc aceste neliniarităţi, prin acţiuni asupra traductorului cu ajutorul unor dispozitive special concepute în vederea reglării. Caracteristica astfel obţinută reprezintă o

aproximare a caracteristicii neliniare inițiale. Pentru aprecierea aproximării realizate se utilizează (Figura 11) parametrul - **eroare de neliniaritate.**

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta y}{y_{max} - y_{min}} \cdot 100\%$$

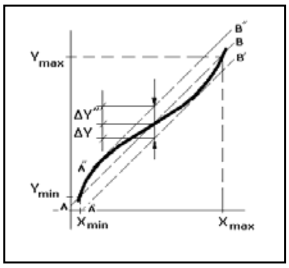


Figura - 11
Determinarea grafică a erorii de neliniaritate

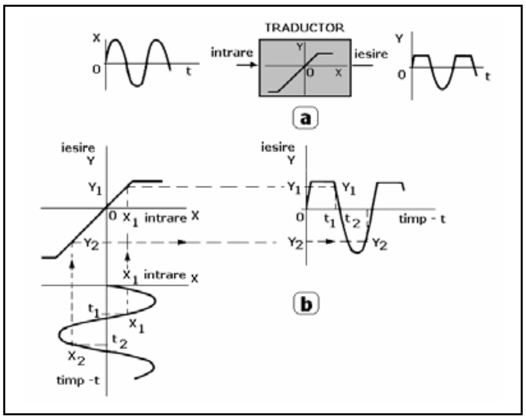


Figura - 12
Distorsiuni datorate neliniarității:
a - schematizarea unui traductor cu caracteristică de saturație;
b - obținerea ieşirii **Y** în funcție de intrarea **X**

In Figura -12 se prezintă, spre exemplu, implicațiile neliniarității unui traductor asupra unui semnal sinusoidal de intrare, precum şi modul prin care se determină variația semnalului de ieşire, în funcție de traductor şi semnalul de intrare.
Un alt tip de eroare care afectează caracteristicile statice ale unui traductor este - **eroarea de histerezis.**
Fenomenul de histerezis apare atunci când pentru o valoare **X** a mărimii de intrare este posibil să se obțină două valori pentru mărimea de ieşire **Y**.

În Figura 13 se prezintă o comparație între caracteristicile a două traductoare, unul fără histerezis (**a, c**) şi unul cu histerezis (**b, d**).

b) Domeniul de măsurare

Domeniul de măsurare al unui traductor este exprimat prin intermediul intervalului **(x_{max} - x_{min})** în cadrul căruia traductorul permite efectuarea corectă a măsurării.
În mod obişnuit, domeniul de măsură corespunde porțiunii liniare din caracteristica statică.

c) Sensibilitatea

Sensibilitatea traductorului **S** este determinată de componenta $\frac{\partial f}{\partial x}$ din derivata funcției $y = f(x;\xi_1;..\xi_n;\nu_1;..\nu_n)$. Pentru variații mici **Δx, Δy,** sensibilitatea traductorului este raportul dintre variația mărimii de ieşire şi variația mărimii de intrare.
În cazul unei caracteristici liniare, sensibilitatea este panta dreptei.

$$S = \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = k \cdot tg\alpha$$

Dacă mărimile de intrare şi de ieşire sunt de aceeaşi natură, sensibilitatea poate căpăta următoarele denumiri în funcție de mărimea acesteia:
a) dacă sensibilitatea > 1, atunci ea se numeşte **factor de amplificare**
b) dacă sensibilitatea < 1, atunci ea se numeşte **factor de atenuare**.
Atunci când domeniul mărimii de intrare este foarte larg, amplificarea sau atenuarea sunt date de relația:

$$A = 20 \cdot \log \frac{y}{x} \qquad [dB]$$

Pentru un traductor cu o structură complexă, sensibilitatea sa este determinată de sensibilitățile elementelor componente şi de modul în care acestea sunt conectate (serie, paralel).

d) Rezoluția

Rezoluția este un indiciu de calitate caracteristic traductoarelor numerice şi reprezintă intervalul maxim de variație a mărimii de intrare **x,** necesar pentru a determina apariția unui salt în configurația semnalului de ieşire.

Rezoluția poate să nu fie aceeaşi pe întregul domeniu de măsurare. În astfel de situații, se ia în considerație, fie valoarea maximă a rezoluției, fie o valoare medie exprimată în procente din domeniu.

e) Prag de sensibilitate

Pragul de sensibilitate al unui traductor reprezintă cea mai mică variație a mărimii de intrare care produce o variație perceptibilă a semnalului de ieşire. Principalii factori care pot influența pragul de sensibilitate sunt: zgomotul în circuitele electrice, frecările, jocurile în angrenaje etc. Indicii amintiți pot fi mai bine înțeleşi dacă acestora le pot fi atribuite următoarele semnificații:

a) **pragul de sensibilitate** → caracteristica de intrare a traductorului
b) **sensibilitatea** → caracteristica de trasfer
c) **rezoluția** → caracteristica de ieşire a traductorului.
f) **precizia**

Precizia este cea mai mică mărime sesizata, care este cu certitudine superioară diferenței dintre mărimea de intrare reală aplicată şi valoarea determinată pe curba de etalonare.

Similar aparatelor de măsură, precizia unui traductor se exprimă prin clasa de precizie. **Clasa de precizie este dată în procente**, valorile sale (uneori valoarea clasei de precizie este denumită indicele clasei de precizie) uzuale pentru traductoare fiind: **0,1; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 2,5.**

1.2.4.3. Caracteristicile şi performanțele traductoarelor, în regim dinamic

Analiza comportamentului unui traductor în regim dinamic (regimul dinamic este caracterizat de variațiile în timp ale mărimilor de intrare şi ale celor de ieşire) este mult mai dificilă decât în regim static. Această complexitate este determinată de o serie de factori obiectivi, care nu pot fi evitați, cum ar fi: inerția pieselor în mişcare (în cazul traductoarelor mecanice), inerția termică, electromagnetică, amortizări dependente de viteza de variație etc.

Variația în timp a mărimii de intrare se transmite datorită factorilor amintiți, cu o întârziere la ieşire şi chiar uneori în mod deformat.

În general, funcționarea unui traductor liniar cu o intrare şi cu o ieşire, în regim dinamic, este descrisă de o ecuație diferențială de forma:

$$\sum_{k=0}^{n} a_k \cdot y^{(k)}(t) = \sum_{q=0}^{m} b_q \cdot x^{(q)}(t)$$

unde:

$\mathbf{x^{(q)}}$, $\mathbf{y^{(k)}}$ = derivatele în raport cu timpul de ordinul **q** şi **k** ale intrării **x (t),** respectiv de ieşire **y (t);**

$\mathbf{a_k}$, $\mathbf{b_q}$ = coeficienți.

$\mathbf{n > m}$

Modul de rezolvare a acestei ecuații diferențiale, indicii de performanță dinamică (determinați din caracteristici experimentale, în domeniul timpului cât şi din caracteristici de frecvență - pentru traductoare analogice), precum şi indicatorii corespunzători pentru traductorii numerici sunt prezentați mai pe larg în lucrările.

1.2.5. Utilizarea traductoarelor în sisteme de reglare automată

Dezvoltarea industrială a determinat adaptarea lanțurilor de măsură în vederea realizării unor sisteme de reglare automată pentru unele procese complexe: industria chimică, echipamente energetice, prelucrare mecanică automată prin aşchiere, deformare plastică, navigație, echipamente nucleare, industria textilă etc.

Un exemplu simplu, pentru evidențierea rolului unui traductor într-un asemenea sistem, îl constituie reglarea automată a temperaturii într-o incintă încălzită prin efect Joule, cu ajutorul unei rezistențe electrice. Informația ce caracterizează nivelul temperaturii din incintă se obține cu ajutorul unui termocuplu (traductor).

Această informaţie, sub forma unei tensiuni proporţionale cu temperatura incintei, poate fi prelucrată de aparatul de măsurat care efectuează atât evaluarea cantitativă a semnalului, cât şi afişarea sa.
Semnalul electric este comparat într-un etaj comparator cu un semnal de referinţă (tensiune în cazul de faţă).
Operaţia de comparare are ca rezultat apariţia unei noi informaţii - **semnalul de eroare**. Acesta poate comanda sistemul de execuţie (sistemul de reglare a puterii electrice, în rezistenţa de încălzire), care ulterior acţionează asupra obiectului reglat în sensul reducerii semnalului de eroare (deci de menţinere constantă a valorii mărimii reglate - *temperatura incintei*). Schema bloc, a unui asemenea sistem, este prezentată în Figura. 13.

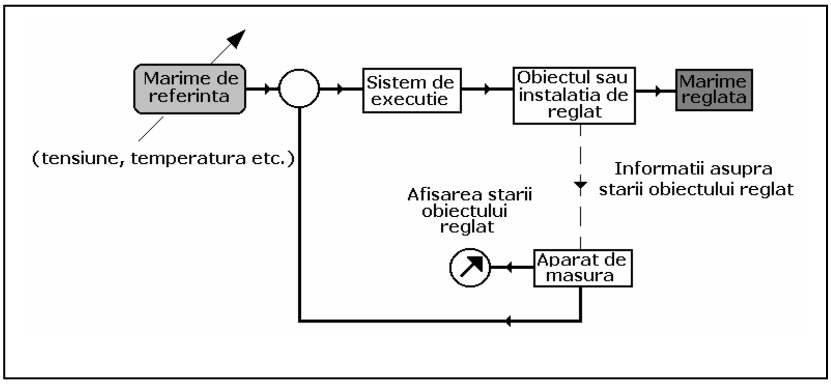


Figura – 13

2. Exemple de senzori, principii de functionare si domenii de utilizare

2.1. - Senzorul tensorezistiv

Este unul dintre cei mai utilizati senzori, permitând masurarea urmatoarelor marimi: deformatii specifice, deplasari, eforturi, forte, momente, presiuni, temperaturi, acceleratii, viteze etc. Senzorul consta dintr-o sârma (retea) dispusa pe o suprafata plana, suprafata pe care este si lipit - Figura 13. In loc de sarma pot fi straturi peliculare din materiale tensorezistive.

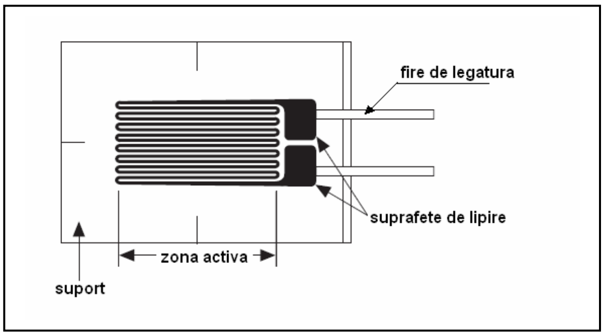


Figura 13

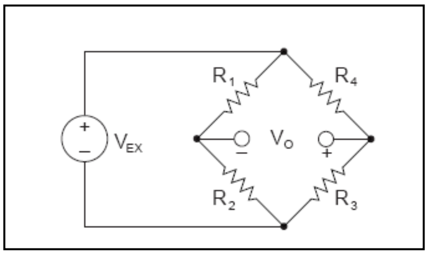


Figura 14

Acest fir poate fi obtinut si prin depunere electrostatica, in mediu vidat. Materialul firului poate fi din: constantan, manganina, nichel-crom, izoelastic, silicon **P**, silicon **N**. Ca adezivi pot fi utilizate: rasinile epoxidice, rasini fenolice, materialele ceramice etc. Senzorii sunt lipiti pe materiale elastice (metalice, sintetice, ceramice, lemn etc.) care sunt solicitate sub diverse forme – in contextul valabilitatii legii lui Hooke.
Pentru obtinerea sensensibilitatii senzorului se considera o bucata de sârma de rezistivitate – **ρ**, de sectiune – **A** si de lungime - **l**. Aceasta este deformata cu cantitatea – Δl, datorita actiunii fortei – **F**.

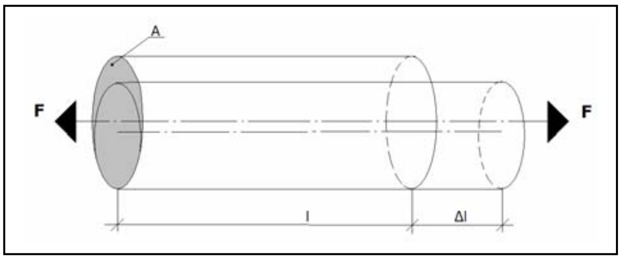


Figura -15

Rezistenta electrica a firului va fi R = ρ·l /A. In aceste conditii sensibilitatea senzorului tensometric este raportul dintre variatia relativa a rezistentei (alungirea relativa a rezistentei) si variatia relativa a lungimii sale (alungirea relativa sau alungirea specifica):

$$S = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} \quad (1)$$

Prin aplicarea unor operatii matematice se ajunge la urmatoarea dependenta :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{S}{E} \cdot \sigma \quad (2)$$

unde: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ este legea lui Hooke.

Rezulta, de aici, ca masurarea variatiei de rezistenta permite obtinerea de informatii asupra efortului unitar. Relatia **2** poate fi scrisa si sub forma $k = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{\Delta R}{R}$ (constanta senzorului, constanta care este inscrisa in fisa senzorului, la livrare)

Rezistenta nominala in stare de repaus (netensionata) a senzorilor este de 120, 240, 360, 500 sau 5000[Ω]. Deoarece variatia rezistentei – Δ R este mica o solutie pentru masurarea lor o constituie – puntea Wheatsthone – Figura 14. Puntea este echilibrata atunci când tensiunea V_o este nula. Introducerea unui senzor tensometric (R_G) intr-o ramura a puntii va permite determinarea cantitatii – Δ R –Figura 16.

<u>Puntea Wheatsthone constituie adaptorul traductorului – *vezi Figura - 4.* In acest caz, adaptorul este montat in afara traductorului.</u>

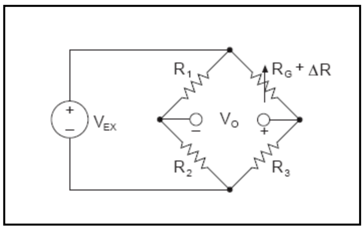


Figura - 16

Intr-o punte Wheatsthone pot fi montati:

- un singur senzor (punte ¼);
- doi senzori adiacenti (punte ½);
- patru senzori (punte 1/1).

Sensibilitatea traductorului si precizia determinarilor cresc când numarul senzorilor utilizati creste.

Atunci când se doreste executia unui traductor de forta, moment sau temperatura, cu ajutorul senzorilor rezistivi trebuie sa se aiba in vedere tipul de senzor, directia de orientare a firului, numarul senzorilor utilizati pentru constituirea puntii, cât si modul de legare a acestora in punte.

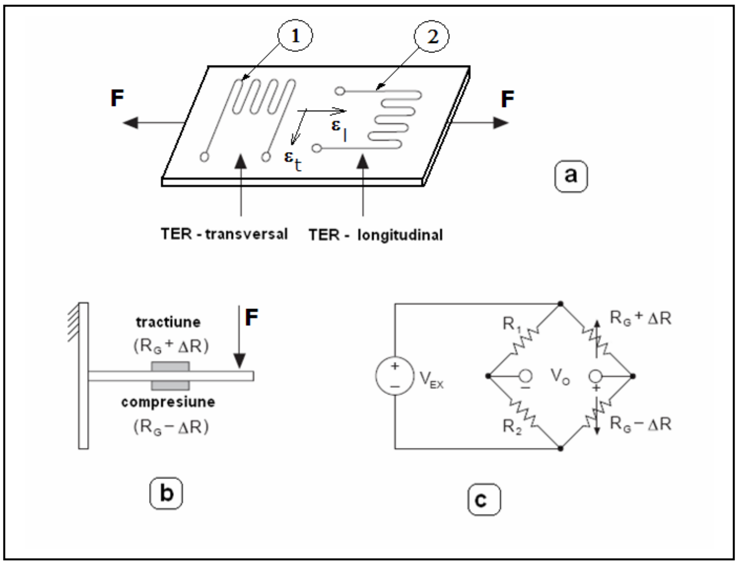


Figura – 17
Montaje pentru masurarea fortelor

a- traductor solicitat la tractiune
b- traductor solicitat la incovoiere
c- montaj in punte

Puntea Wheatsthone are doua proprietati de care trebuie sa se tina cont la legarea senzorilor *,,Variatiile rezistentelor din acelas brat sau din brate opuse se aduna algebric, iar variatiile rezistentelor din brate adiacente se scad"*.
De exemplu pentru masurarea fortelor pot fi utilizate traductoare cu senzori rezistivi solicitati la tractiune, incovoiere sau forfecare.
In cazul traductorului din Figura -17a cei doi senzori sunt montati pe directii opuse in montaj ½.
Senzorul **1** preia informatii despre deformatia transversala $\boldsymbol{\varepsilon_t}$ iar senzorul **2** preia informatii despre deformatia longitudinal $\boldsymbol{\varepsilon_l}$. Intre cele doua deformatii fiind urmatoarea relatie :

$$\varepsilon_t = -\mu \cdot \varepsilon_l \qquad (3)$$

Din acest motiv, prin montarea celor doi senzori, in brate adiacente, efectele lor se scazând datorita proprietatii puntii Wheatsthone, determina ca efectul (sensibilitatea) lor final sa fie o suma $[\varepsilon_l - (-\mu \cdot \varepsilon_l)]$. Daca senzorii ar fi fost montati in brate opuse atunci efectul lor final (sensibilitatea) ar fi o diferenta $[\varepsilon_l + (-\mu \cdot \varepsilon_l)]$.
Acelas fenomen se intampla si in cazul utilizarii traductorului solicitat la incovoiere – Figura 17b.

2.2. Alte aplicatii ale senzorilor rezistivi

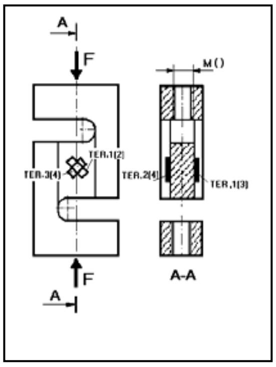
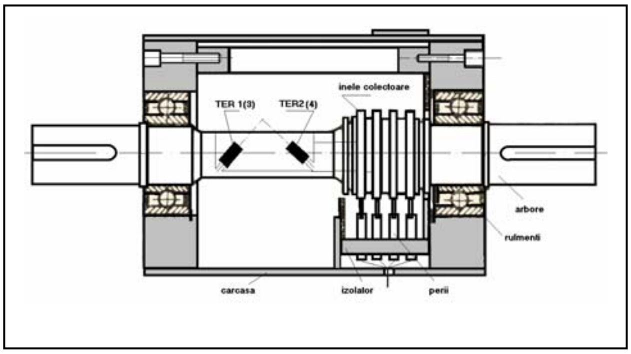


Figura 18 - Traductor de forta cu senzori rezistivi solicitati la forfecare

Figura 19 - Traductor de moment de torsiune



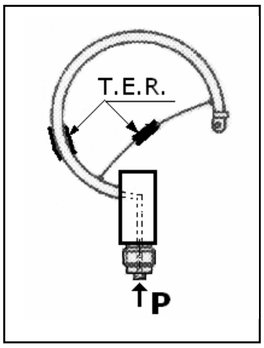
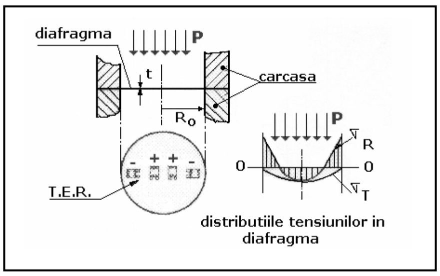


Figura 20 – Traductor de presiune cu tub Bourdon si senzori rezistivi

Figura 21 – Traductor de presiune cu membrana si senzori rezistivi





ANEXA 1

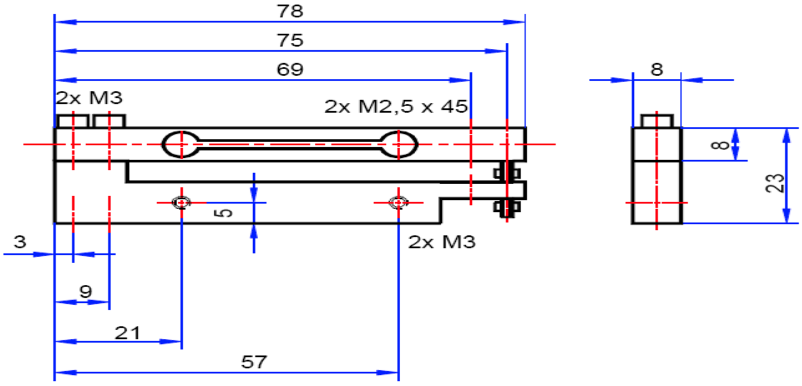
Force Sensor KD78

Nominal force ±0.5 N

The force sensor KD78 distinguishes itself by a particularly high output signal with a small nominal force.
Owing to the very low stiffness of this force sensor, a stopper is integrated in it. The force sensor has a low natural frequency of about 150 Hz and a large displacement. It is therefore only suitable for applications with rigid force transmission.
The large displacement allows a sensitive feeding of the force.



Dimensions



Pin configuration

+Us	positive bridge supply	red
-Us	negative bridge supply	black
+UD	positive bridge output	green
-UD	negative bridge output	white

Force sensor KD78

Nominal force ±0.5 N

Technical Data

Force sensor	Tension / Compression	
Construction	Double transverse beam	
Length × width × height	78 × 8 × 8 (or 23 with fixed stopper)	mm × mm × mm
Force transmission	2 × M2.5×0.45	mm
Fastening with fixed stopper	2 × ∅3.2	mm
Material	Aluminum	
Accuracy class	0.5	

Nominal force F_N	0.5	N
Nominal displacement	0.2	mm
Operating force	2	N
Breaking force with fixed stopper	5	N
Limiting lateral force	10	% F_N

Nominal temperature range	+10…+60	°C
Operating temperature range	-20…+80	°C
Storage temperature range	-40…+80	°C

Nominal output (S_N)	0,5…1.2	mV/V
Zero signal tolerance	±10	% F_N
Max. supply voltage	5	V
Input resistance	415 ± 10	Ohm
Output resistance	350 ± 1,5	Ohm
Insulation resistance	$> 5 \cdot 10^9$	Ohm
Connection, 4 conductor	1	m

Linearity error	≤ 0.1	% S_N
Backlash width	≤ 0.2	% S_N
Temperature coeff. of the zero signal	≤ ± 0.02	% F_N/K
Temperature coeff. of the nominal output	≤ ± 0.01	% S_N /K
Zero point return error (30 min)	≤ 0.2	% S_N
Creep error (30 min)	≤ 0.2	% S_N

ANEXA - 2

The **ONLY CHOICE** *for reliable measurements of temperature.*

Temperature Smart Sensor

The *Temperature Smart Sensor* is an intelligent sensor designed for measurements of temperature using a carefully aged precision thermistor mounted in a protective capillary tube. The high resolution, high accuracy sensor is compact and light weight with various communication, electrical, and mechanical options for a broad range of applications.

The sensor is pre-calibrated at the factory to provide outputs of both engineering units and raw integers. It is designed for easy integration to data collection platforms using serial data communications.



Sensor

- Pressure protected precision, aged thermistor
- Time constant: 350 ms (optional 85 ms)
- Range: -2°C to 32°C (optional ranges available)
- Accuracy: 0.005°C
- Resolution: 0.001°C

Electrical

- 15 samples per second maximum
- RS-232 ASCII communications
- Optional RS-485 or TTL
- Autobaud rates from ASCII 2,400 to 38,400 baud

Power

- 12 mA sampling current
- External 8 – 16 Vdc (12 Vdc nominal)
- Optional power configurations available upon request

Mechanical

- Weight: 325 grams in air (standard case)
  0 grams in water
- Dimensions: 45.7 mm (1.80˝) Ø x 264mm (10.4˝)
- Construction: Acetal endcap and housing rated to 500 meters.
  Optional: Type 316 stainless steel housing rated to 4,500 meters.
  Optional: Titanium housing rated to 10,000 meters
- Connector: IMPULSE Miniature Wet Pluggable™ Series.
  Optional connector configurations available.
- Environment: Operating: -20° to 50°C
  Storage: -40° to 60°C

Instrumentation **THROUGH** *Innovation*

APPLIED MICROSYSTEMS LTD

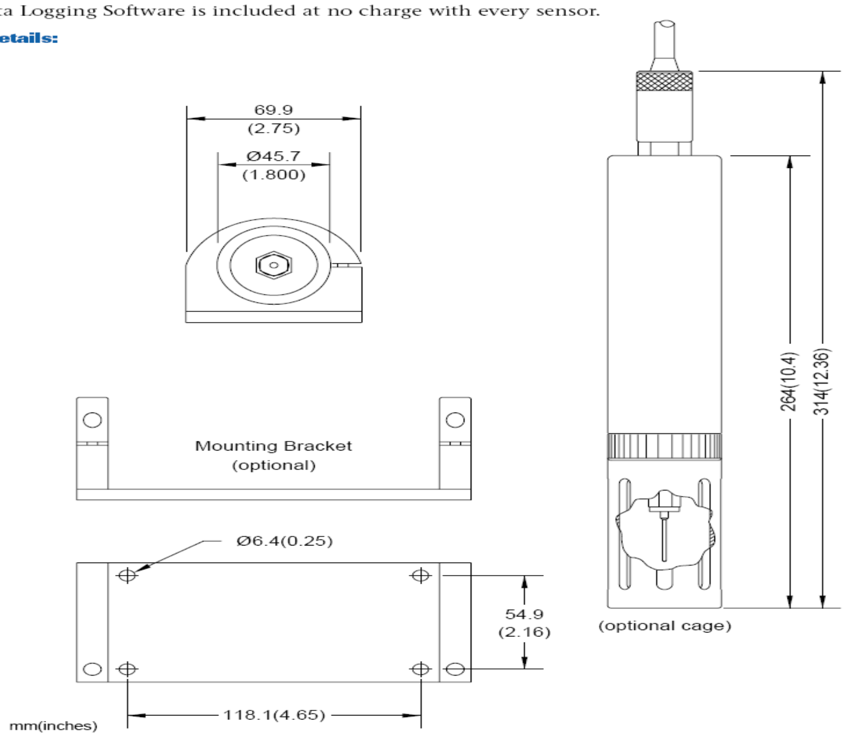
Temperature Smart Sensor

Accessories and Software

See Accessories Data Sheet for available options and software.

Smart Talk Data Logging Software is included at no charge with every sensor.

Mechanical Details:



Instrumentation THROUGH *Innovation*

APPLIED MICROSYSTEMS LTD

Head Office
2071 Malaview Avenue
Sidney, B.C. Canada V8L 5X6
Phone: 250 656 0771
Fax: 250 655 3655
1 800 663 8721 (Canada & USA)
info@AppliedMicrosystems.com